

66e ANNÉE. — VIIIe SÉRIE. T. IV. Nos 1 à 6.

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME IV. — Nos 1 à 6.



PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1896

PARIS, 30 FR. — DÉPARTEMENTS ET ÉTRANGER, 32 FR.
Ce cahier a été publié en novembre 1897.
Les *Annales des sciences naturelles* paraissent par cahiers mensuels.

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. Ph. Van Tieghem.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à IV sont complets.

ZOOLOGIE

Publié sous la direction de M. A. Milne-Edwards.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. Hébert, et pour la partie paléontologique, par M. A. Milne-Edwards.

L'abonnement est fait pour un volume d'environ 300 pages, publié en plusieurs fascicules dans le courant d'une année.

Prix du volume :

Paris : 15 fr. — Départements : 16 fr. — Union postale : 17 fr.
Le tome XXII est publié.

Prix des collections.

Première série (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		(*Rare*).
Deuxième série (1834-1843).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Troisième série (1844-1853).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Quatrième série (1854-1863).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Cinquième série (1864-1874).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Sixième série (1875 à 1884).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Septième série (1885 à 1894).	Chaque partie 20 vol.	300 fr.
Géologie, 22 volumes.		330 fr.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

CORBEIL. — IMPRIMERIE ÉD. CRÉTÉ

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME IV



PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain

1896

RECHERCHES

SUR LA

MATURATION DES FRUITS CHARNUS

Par M. C. GERBER.

INTRODUCTION

Peu de questions de physiologie végétale ont été l'objet de recherches aussi nombreuses et aussi suivies que celle de la maturation des fruits.

Dès 1820, l'Académie des sciences la mettait au concours et traçait le programme suivant :

« 1° Faire l'analyse des fruits aux principales époques de leur accroissement et de leur maturation et même à l'époque de leur blessissement et de leur pourriture.

« 2° Comparer entre elles la nature et la quantité des substances que les fruits contiendraient à ces diverses époques.

« 3° Examiner avec soin l'influence des agents extérieurs, surtout celle de l'air qui environne les fruits et l'altération qu'il éprouve. »

L'Académie paraissait ainsi indiquer que l'on ne pouvait arriver à la connaissance des phénomènes de la maturation des fruits qu'en menant de front l'étude de la respiration des fruits et celle de leur composition chimique, pour comparer les résultats obtenus.

Bérard, qui obtint le prix, sépara cependant ces deux questions et les traita dans deux mémoires bien distincts. Depuis

lors, presque tous les auteurs ont accentué encore cette séparation ; suivant qu'ils étaient chimistes ou naturalistes, ils ont étudié de préférence ou même exclusivement l'une ou l'autre des deux données du problème.

Quels ont été les résultats de cette scission ?

Au point de vue des échanges gazeux, on a considéré la respiration des fruits comme indépendante de leur composition chimique et de la température ; on a ainsi laissé échapper l'influence des acides sur cette respiration et l'action de la chaleur sur les réactions chimiques qui se passent dans les cellules et qui se traduisent à l'extérieur par les phénomènes respiratoires.

Au point de vue des variations dans la composition chimique des fruits, le résultat a été également mauvais. En effet, les composés que l'on rencontre dans les fruits sont difficiles à séparer les uns des autres et à obtenir à l'état de pureté ; leur dosage présente les plus grandes difficultés. Aussi les savants qui ont abordé le problème de la maturation au point de vue purement chimique ont-ils été obligés de se limiter et de n'étudier qu'un groupe de ces substances. Souvent ces auteurs furent portés à donner au groupe qu'ils avaient étudié une importance beaucoup plus considérable qu'aux autres groupes au sujet de la formation du sucre.

C'est ainsi, pour ne citer qu'un exemple, que Frémy, après avoir combattu la théorie de Couverchel (1) sur la transformation de l'amidon en sucre sous l'action des acides, admit cette transformation à la suite de recherches sur les substances pectiques. Ces recherches le portent à donner aux composés pectiques une importance considérable (2). « L'amidon, dit-il, se change en glucose sous l'influence des acides du fruit. Si, dans un fruit, l'acide faisait défaut, la pectine fonctionnant alors comme une réserve d'acide, pourrait au

(1) Couverchel, *Mémoire sur la maturation des fruits* (Annales de chimie, 1831).

(2) Frémy, *Mémoire sur la maturation des fruits* (Annales de chimie, 1848, 3e série, t. XXIV, p. 1-58).

besoin se changer en acide métapectique ayant alors la propriété de transformer l'amidon en sucre. »

Mais en outre, l'étude approfondie du groupe des substances dont ils s'occupaient leur fit découvrir dans les fruits un grand nombre de nouvelles espèces chimiques, de sorte que le nombre de ces substances connues alla toujours en augmentant; il est aujourd'hui si considérable qu'il devient bien difficile de suivre très exactement les variations de tous ces corps. Il en résulte des contradictions fréquentes entre les résultats des divers auteurs, si bien que l'on est loin de connaître complètement les phénomènes chimiques de la maturation des fruits.

Aussi avons-nous pensé qu'en comparant les variations des phénomènes respiratoires observés sur différents fruits à diverses températures aux variations de composition de ces fruits pendant leur maturation, nous obtiendrions des indications sur les corps qui peuvent donner du sucre et sur ceux qui sont complètement brûlés.

Pour préciser davantage ces indications, nous avons cru qu'il était nécessaire d'adopter une méthode permettant de dissocier les réactions chimiques qui se produisent dans les fruits, en étudiant la manière dont se comporte, sous l'influence de la vie, chacune des substances qu'ils renferment. Pour cela, nous devions réduire au minimum la substance vivante, afin d'introduire le moins possible d'éléments étrangers et de nous placer presque dans les conditions d'une réaction chimique simple. Les spores des moisissures sont tout indiquées pour remplir ce but. Par ce procédé, nous pouvons connaître la quantité de substance mise en réaction, la quantité d'hydrates de carbone formés (callose (1) du mycélium) et les échanges gazeux qui se produisent dans le cours de cette réaction.

Si, en comparant les échanges gazeux et les changements chimiques qui se produisent dans le cas des moisissures et

(1) M. Mangin a montré que le mycélium des moisissures est formé non pas de cellulose, mais d'une substance voisine, la callose.

dans celui des fruits, nous observons un parallélisme, nous serons en droit de reporter dans les fruits les résultats observés dans les moisissures et d'en tirer des conclusions plus certaines que les premières indications.

Notre méthode diffère beaucoup des méthodes employées par les différents auteurs qui se sont occupés de la maturation des fruits.

C'est à la suite de l'étude de leurs travaux, des conclusions opposées qui terminaient souvent ces recherches remarquables, que nous l'avons adoptée. Aussi pensons-nous qu'il ne sera pas inutile, pour légitimer le choix de cette nouvelle méthode, de faire l'historique critique des principaux travaux concernant la respiration des fruits et la formation des matières sucrées pendant leur maturation.

Mais, avant d'entrer plus avant dans le sujet, je tiens à exprimer à mon cher maître M. Bureau, professeur de botanique au Muséum d'histoire naturelle, mes sentiments de profonde reconnaissance. Si la nature de l'enseignement auquel je me suis adonné m'a conduit à diriger mes recherches du côté de la physiologie, je ne saurais cependant oublier que c'est sous sa bienveillante direction que j'ai commencé mes études de botanique et que ses conseils précieux ne m'ont jamais fait défaut.

Ces recherches sur la maturation des fruits ont nécessité ma présence dans un laboratoire de chimie pendant plusieurs années. Je remercie vivement mon cher maître M. Heckel, professeur de botanique à la Faculté des sciences de Marseille, de m'avoir laissé toute latitude à cet égard et de m'avoir ainsi facilité la préparation de cette thèse.

HISTORIQUE ET CRITIQUE DES RECHERCHES SUR LA MATURATION DES FRUITS.

Nous diviserons en trois périodes l'histoire des échanges gazeux entre l'atmosphère et les fruits :

Pendant la première qui va d'Ingenhousz à Bérard on étudie surtout les fruits verts et l'on attribue une importance considérable à l'absorption de l'oxygène de l'air. C'est le règne de la théorie des oxydations.

Pendant la seconde qui va de Couverchel à Cahours, on s'occupe plutôt des fruits mûrs et la théorie des fermentations lutte contre la théorie des oxydations, pour expliquer la formation du sucre.

A cette seconde période en succède une troisième, celle où Pasteur et MM. Lechartier et Bellamy étudient le dégagement de gaz carbonique par les fruits soustraits à l'action de l'oxygène atmosphérique, et rattachent ce dégagement à la fermentation alcoolique des sucres ; ces auteurs sont les premiers qui mènent de front l'étude des dégagements gazeux fournis par les fruits dans les conditions particulières où ils les placent et celle des changements chimiques correspondants ; par suite ils élucident complètement le phénomène.

Nous aborderons ensuite l'historique critique de la formation des matières sucrées.

Des différentes substances que l'on rencontre dans les fruits, deux groupes surtout ont été considérés comme origine du sucre : d'une part les hydrates de carbone et d'autre part les acides. Pour la clarté de l'exposition, nous ferons séparément l'histoire de ces deux groupes.

Quant aux substances pectiques qui existent en abondance dans les fruits à une certaine période de leur maturation, elles ont été peu étudiées au point de vue de la formation directe des matières sucrées. Nous n'en ferons donc pas l'histoire, nous réservant d'en dire quelques mots lorsque, au cours de nos recherches, nous aurons à constater leur intervention dans la transformation de la vie aérobienne des cellules en vie anaérobienne.

I. — Échanges gazeux entre l'atmosphère et les fruits.

Première période. — Ingenhousz (1) semble être le premier savant qui se soit préoccupé des phénomènes dont les fruits sont le siège pendant leur évolution. D'après lui, « tous les fruits en général, dégagent jour et nuit, à la lumière comme à l'obscurité, un air méphitique (2) et possèdent à un degré très élevé le pouvoir de rendre malfaisant l'air environnant. J'ai été très étonné et en même temps un peu contrarié de rencontrer un poison dissimulé dans les fruits qui entrent pour une si grande part dans notre alimentation, d'autant plus que j'en ai trouvé quelques-uns, même parmi ceux qui flattent le plus délicieusement le goût et l'odorat, qui possèdent ce pouvoir à un degré surprenant. Telles sont les pêches.

« J'ai remarqué qu'une pêche, à l'obscurité, peut souiller un volume d'air six fois plus considérable que son propre volume, au point que cet air aurait été mortel à un animal qui l'aurait respiré. Même au soleil, ce fruit rendait une pareille quantité d'air si nuisible que la flamme d'une bougie s'y éteignait. »

Il croyait que les fruits transformaient non seulement l'oxygène mais même l'azote en gaz carbonique. Cependant il a observé que « quelques-uns des fruits qui méphitisaient l'air au soleil et à l'ombre, le corrompaient moins au soleil et qu'ils dégageaient souvent du gaz oxygène comme les feuilles, lorsqu'ils étaient submergés dans l'eau de source ».

Un peu plus tard Sennebier (3) trouve que « les fruits submergés dans l'eau de source, au soleil, donnaient, dans tous les moments de leur existence, un air souvent plus mauvais, quelquefois aussi bon, mais jamais meilleur que l'air atmosphérique ».

(1) Ingenhousz, *Versuche mit Pflanzen*, vol. I, p. 64, vol. II, p. 61, 221 et suivantes, 1786.

(2) Gaz carbonique.

(3) Sennebier, *Mémoires physico-chimiques sur la lumière solaire*, p. 299, t. I.

De Saussure (1) à la suite d'expériences sur les raisins verts et sur d'autres fruits jeunes séparés et non séparés de la plante dit que « les fruits verts comme les feuilles décomposent l'acide carbonique au soleil, au moins quand ils sont encore sur la plante, et qu'à l'obscurité, comme les feuilles également, ils absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique ».

Tel n'est pas l'avis de Bérard (2) et de la commission de l'Institut qui lui décerne le prix. Celle-ci dit en effet que « les expériences qu'il (Bérard) a faites en examinant l'influence des gaz sur la maturation sont très remarquables. Il a vu que la maturation des fruits ne s'opérait que par le contact de l'air et qu'alors il se formait du gaz acide carbonique par l'union de l'oxygène de l'air avec le carbone du fruit, de sorte qu'il se passe ici un phénomène opposé à celui que présentent les feuilles sous l'influence solaire. »

Parmi les nombreuses expériences que Bérard fit pour établir qu'à la lumière comme à l'obscurité les fruits fixés à l'arbre ou cueillis absorbent de l'oxygène et dégagent de l'anhydride carbonique, et par suite ne peuvent pas être comparés aux feuilles, il en est une que nous allons discuter.

Il met des fruits verts en atmosphères confinées, à l'obscurité, de six heures du soir à six heures du matin, recherche les modifications qui se sont produites dans les atmosphères, puis après les avoir renouvelées, soumet les fruits à l'action directe du soleil de neuf heures du matin jusqu'à quatre heures du soir et analyse alors une seconde fois les gaz qui entourent les fruits. Il remarque que « dans l'obscurité, le volume de l'oxygène qui disparaît est plus grand que celui de l'acide carbonique produit, tandis qu'au soleil assez généralement le volume de l'acide carbonique dégagé surpasse celui de l'oxygène absorbé. Cette observation ten-

(1) De Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 57. Paris, 1804.

(2) Bérard, *Mémoire sur la maturation des fruits* (Annales de chimie et de physique, t. XVI, 1821).

drait à faire croire que, pendant la nuit, une portion de l'acide carbonique qui se forme est retenue dans le parenchyme du fruit et que le soleil détermine le dégagement de ce gaz qui a été retenu, de sorte qu'après l'effet successif de la lumière et de l'obscurité sur le même fruit contenu dans le même vase, il n'y a aucun changement dans le volume de l'air, et la quantité d'oxygène absorbée se trouve exactement remplacée par une quantité égale en volume d'acide carbonique. Cependant, dit-il, je n'ai pas toujours observé dans le grand nombre d'expériences que j'ai faites l'effet tel que je viens de le décrire. Il m'est même arrivé quelquefois d'en observer un tout contraire, très rarement à la vérité. Au reste la différence entre l'oxygène qui a disparu et l'acide carbonique qui le remplace est toujours fort petite. »

Il est regrettable que Bérard ait exécuté cette expérience avec l'idée préconçue de trouver un volume de gaz carbonique dégagé égal à celui de l'oxygène absorbé. Cette idée qui lui est probablement suggérée par le fait que le gaz carbonique possède son volume d'oxygène, le pousse à expliquer les différences observées entre l'oxygène absorbé et le gaz carbonique dégagé par un emprisonnement de ce dernier corps dans le parenchyme, la nuit, emprisonnement qui cesserait le jour. Il lui eût suffi d'observer que la nuit la température était différente et bien inférieure à celle du jour, au soleil, pour attribuer les variations observées aux variations de température; et puisque ces variations étaient très faibles, il n'eût eu qu'à augmenter les différences de température tout en supprimant l'influence du soleil, pour constater des variations plus grandes dans les volumes de gaz carbonique et d'oxygène.

Si d'un autre côté il avait dosé l'acidité des fruits sur lesquels il constatait les modifications dans les échanges gazeux diurnes et nocturnes, il eût facilement trouvé les relations frappantes qui existent entre ces trois phénomènes : température, respiration, acidité.

Bérard ne se contente pas d'expérimenter sur des fruits placés dans l'air ; précurseur de MM. Lechartier et Bellamy, il place des fruits verts encore attachés à l'arbre dans diverses atmosphères dépourvues d'oxygène et constate que la maturation ne se produit pas ; il en conclut que « la transformation de l'oxygène par l'action du fruit est une fonction absolument indispensable pour que sa maturation s'opère ».

Étudiant les échanges gazeux des fruits blets, Bérard dit que : « la présence d'une très petite quantité d'oxygène est indispensable pour déterminer le blessissement ; ces fruits commencent par transformer une portion de l'oxygène qui les entoure en acide carbonique et produisent ensuite d'eux-mêmes une grande quantité d'acide carbonique ».

Les conclusions de Bérard sur la production du gaz carbonique à la lumière par les fruits verts ébranlaient la théorie de de Saussure sur l'assimilation des fruits verts aux feuilles, aussi ce savant recommença-t-il des expériences variées et nombreuses (1) qui confirmèrent pleinement ses conclusions de 1804 et établirent que « les fruits dans les premiers temps de leur développement se comportent comme des feuilles vertes ».

En somme, si nous mettons de côté l'étude de la fonction chlorophyllienne, on voit que pendant cette première période les divers auteurs se sont attachés à démontrer que les fruits étaient le siège de phénomènes d'oxydation et que cette oxydation était même indispensable pour la maturation.

Deuxième période. — Avec Couverchel (2), le concurrent de Bérard, commence la deuxième période. Ce savant distingue deux époques dans le développement du fruit. « Dans la première ou période d'accroissement, le fruit se comporte vis-à-vis de l'atmosphère comme les feuilles. Dans la

(1) De Saussure, Annales de chimie et de physique, t. XIX, p. 143 et 225, 2e série, 1821.

(2) Couverchel, *Mémoire sur la maturation des fruits* (Annales de chimie et de physique, t. XLI, p. 186, 2e série, 1831) ; *Lettre à l'Académie* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., 1844, t. XIX, p. 1114).

seconde ou maturation, la présence de l'oxygène de l'air n'est pas indispensable. Le fruit éprouve par suite de sa composition, de la part de la chaleur et de l'air (ce dernier considéré comme milieu), une action qui lui fait parcourir les différents degrés de la maturation. Cette action est purement chimique. »

Enfin survient le blettissement : « Ce n'est autre chose qu'une fermentation qui a toutes ses périodes. On y observe comme dans cette analyse naturelle le dégagement d'acide carbonique, la formation d'alcool et d'eau. »

Couverchel introduit donc dans la science l'idée de réactions internes se passant dans le fruit pendant la maturation et grâce auxquelles des modifications importantes se produisent sans l'intervention de l'oxygène; cette idée est heureuse ; malheureusement il l'exagère beaucoup.

C'est ce que Frémy démontre en reprenant les expériences de Bérard et en confirmant les résultats obtenus par lui au sujet des échanges gazeux entre les fruits et l'atmosphère. Pour soustraire le fruit à l'action de l'oxygène atmosphérique, au lieu de le plonger comme Bérard dans de l'azote, de l'hydrogène ou du gaz carbonique, Frémy applique à la surface de celui-ci des couches successives de gomme et de vernis résineux; il constate alors que le développement du fruit s'arrête toujours au moment où il est isolé de l'atmosphère ; à la nécessité de la respiration établie par Bérard, il ajoute la nécessité de la transpiration pour le développement du fruit. Il étudie les gaz contenus dans les fruits et trouve qu'ils sont d'autant plus riches en oxygène que ces fruits sont plus verts ; enfin, de ce qu'une poire qui, exposée pendant plusieurs jours à l'air, dégageait du gaz carbonique et absorbait de l'oxygène, n'a plus dégagé du premier gaz après avoir été broyée, il conclut que la transformation de l'oxygène de l'air en gaz carbonique ne se produit pas sous l'influence d'un ferment préexistant dans le fruit (1).

(1) Frémy, *Recherches chimiques sur la maturation des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. XIX, p. 784, 1844, et t. LVIII, p. 656, 1864).

La grande lutte que nous venons de voir s'ouvrir entre Bérard et Couverchel, entre les partisans de l'oxydation et ceux de la fermentation se continue devant l'Institut par les remarquables communications de Cahours (1) et de M. Chatin (2).

Ces deux savants trouvent comme Frémy, d'ailleurs, que les gaz contenus dans les fruits mûrs ne sont formés que d'anhydride carbonique et d'azote ; ils sont également d'accord pour admettre, que dans l'intervalle de temps compris entre la maturation et le commencement du blettissement, le fruit agit sur le milieu qui l'enveloppe, de la même manière que depuis l'époque où il a perdu sa coloration verte, jusqu'à celle où il a atteint sa maturité, de sorte que « dans l'air ou dans une autre atmosphère oxygénée, ils consomment une certaine quantité d'oxygène et fournissent une quantité sensiblement égale d'acide carbonique ». Les mêmes auteurs remarquent encore dès le commencement de la période du blettissement un accroissement rapide de la quantité de gaz carbonique produit, lequel, disent-ils, prend naissance d'abord aux dépens de l'oxygène de l'atmosphère et continue quand cet oxygène a disparu, de sorte qu'une partie de l'anhydride carbonique produit prend naissance de toutes pièces aux dépens du fruit. C'est dans l'explication de la formation du gaz carbonique que Cahours et M. Chatin se séparent.

Tandis que Cahours adoptant les idées de Couverchel attribue la production du gaz carbonique formé de toutes pièces aux dépens du fruit à « un phénomène de fermentation opéré au sein du parenchyme », M. Chatin n'admet pas cette fermentation. Si, dit-il, il y avait fermentation du sucre, la quantité de ce dernier devrait diminuer, ce qu'il n'a pas pu constater ; de plus, on devrait trouver les cel-

(1) Cahours, *Sur la respiration des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. LVIII, p. 495 et 653, 1864; Bull. Soc. chim., t. I, p. 254, 1864).

(2) Chatin, *Étude sur la respiration des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. LVIII, p. 576, 1864).

lules de la levure, ainsi que les produits de la fermentation autres que le gaz carbonique, c'est-à-dire l'acide succinique, la glycérine, l'alcool, or il ne constate rien de tout cela. Tout en faisant quelques réserves, il pense que le gaz carbonique formé de toutes pièces proviendrait peut-être de la « destruction des substances tannoïdes » dont il constate la disparition à ce moment. S'il lui reste des doutes sur l'origine de cette partie du gaz carbonique, les expériences d'oxydation des matières tanniques en présence de l'air et du soleil qu'il a faites avec Filhol le rendent plus affirmatif pour expliquer par l'oxydation des substances tannoïdes du fruit la formation pendant le blettissement du gaz carbonique formé aux dépens de l'oxygène de l'air.

La question qui divise Cahours et M. Chatin est très délicate ; mais nous ne la croyons pas insoluble ; nous pensons que pour la résoudre il est nécessaire de dissocier ces deux productions de gaz carbonique, l'une qui emprunte l'oxygène à l'air, l'autre qui utilise celui contenu dans les substances du fruit, et comme agent dissociant nous aurons recours aux variations de la température dont ici encore on n'a pas tenu assez compte.

Pour terminer nous allons dire quelques mots d'un travail postérieur à ceux de la troisième période, mais qui se rattache trop intimement à cette seconde pour en être séparée.

MM. Saintpierre et Magnien (1) en faisant respirer des raisins à divers états de leur développement ont trouvé que « toutes les fois que les expériences n'ont pas duré plus de vingt-quatre heures, il est apparu moins d'acide carbonique qu'il n'y a eu d'oxygène consommé... ; quand les expériences ont duré plus de vingt-quatre heures, la proportion d'acide carbonique émis a été, au contraire, supérieure à celle de l'oxygène consommé. Ce fait, ajoutent-ils, confirme l'opinion de M. Pasteur qui veut que les cellules des fruits,

(1) Saintpierre et Magnien, *Recherches expérimentales sur la maturation du raisin* (Annales agronomiques, 1878, t. IV, p. 161).

affamées d'oxygène fonctionnent comme des levures alcooliques. »

On voit que ces auteurs attribuent à une fermentation le dégagement d'un volume de gaz carbonique supérieur à celui de l'oxygène absorbé, par les raisins. Il est probable qu'il en est ainsi dans leurs expériences. L'examen du tableau II, page 173, où sont consignés leurs résultats montre, en effet, que les expériences dans lesquelles il y a plus d'oxygène absorbé que de gaz carbonique dégagé sont celles qui non seulement ont duré moins de vingt-quatre heures, mais qui aussi pour cette raison d'ailleurs, ont le plus d'oxygène restant dans l'atmosphère confinée à la fin ; au contraire dans presque toutes les expériences où le gaz carbonique dégagé est en plus grande quantité que l'oxygène absorbé, et qui ont duré plus de vingt-quatre heures, l'oxygène est réduit généralement au septième de la quantité initiale ; dans deux expériences même, il n'en reste plus du tout ; or il est établi qu'une diminution trop considérable d'oxygène amène de grands changements dans la façon de respirer des plantes. Il est en outre regrettable que ces deux auteurs n'aient pas donné la température à laquelle ils ont opéré, ni fait varier cette température.

Par des expériences dans lesquelles l'analyse de l'air nous aura montré qu'il reste encore dans l'atmosphère confinée où seront les fruits, plus de la moitié de l'oxygène primitif, nous chercherons si à partir d'une certaine température le dégagement de gaz carbonique dans les fruits acides n'est pas supérieur à l'absorption d'oxygène, et dans ce cas la présence ou l'absence d'alcool nous indiquera si nous avons vraiment une fermentation ou si le phénomène observé n'est pas plutôt un phénomène d'oxydation dans lequel le produit oxydé au lieu d'être le sucre serait l'acide du fruit.

Troisième période. — L'idée émise par Cahours de la possibilité pour la plante de fournir du gaz carbonique sans rien prendre à l'oxygène de l'air pendant le blettissement

des fruits inspire les travaux de MM. Lechartier et Bellamy et ceux de Pasteur.

Dès 1861, Pasteur qui venait de faire ses remarquables observations sur la vie anaérobie de la levure de bière, cherche à établir des rapprochements entre cette levure et les autres plantes. Il dit que « l'analogie serait complète, si les plantes ordinaires avaient pour l'oxygène une affinité qui leur permît de respirer à l'aide de cet élément enlevé à des composés peu stables, auquel cas on les verrait être ferments pour ces matières (1) ».

Pour établir cette analogie, il fallait constater que le dégagement de gaz carbonique indépendant de l'oxygène de l'air était corrélatif à la production d'alcool dans les fruits, et pour pouvoir attribuer à tout le gaz carbonique dégagé une origine de fermentation, il fallait supprimer l'oxygène de l'air. C'est ce que firent MM. Lechartier et Bellamy (2). Ils renouvellent les expériences de Bérard, Couverchel, Cahours, M. Chatin sur les fruits mûrs laissés dans une atmosphère limitée, après que tout l'oxygène a disparu, à la température ordinaire, et constatent que dans ces conditions « le dégagement de gaz carbonique s'effectue d'abord d'une manière uniforme ; puis il se ralentit, s'arrête complètement pendant un certain temps, pour reprendre ensuite avec des vitesses croissantes supérieures à celles qu'on observe pendant la première période ». Ils trouvent que seul le dégagement carbonique de la première période est produit par la vie propre des fruits dont les cellules, à l'abri de l'air, « consomment du sucre et produisent de l'alcool et de

(1) Pasteur, *Influence de l'oxygène sur le développement de la levûre et sur la fermentation alcoolique* (Bull. Soc. chim., 1861).

(2) Lechartier et Bellamy, *Étude sur les gaz produits par les fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. XIX, p. 356, 1869) ; *Note sur la fermentation des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. XIX, p. 466, 1869) ; *De la fermentation des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. LXXV, p. 1203, 1872) ; *De la fermentation des pommes et des poires* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. LXXIX, p. 949, 1874) ; *De la fermentation des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. LXXIX, p. 1006, 1874) ; *De la fermentation des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. LXXXI, p. 1127, 1875).

l'acide carbonique » ; quant au dégagement observé pendant la troisième période, il est dû à l'action des cellules de la levure de bière.

Ils observent également que les fruits qui arrivés à leur maturité n'ont pas la propriété de se conserver longtemps, cessent rapidement de dégager du gaz carbonique quand on les prive d'oxygène, tandis que les fruits qui cueillis en temps opportun n'acquièrent leur maximum de parfum et de saveur qu'après un certain temps de conservation dégagent beaucoup plus longtemps du gaz carbonique quand on les place dans les mêmes conditions.

La production d'alcool par les fruits placés dans une atmosphère privée d'oxygène a été également démontrée par Pasteur (1) dans la séance mémorable du 7 octobre 1872 à l'Académie des sciences en réponse à l'invitation que le secrétaire perpétuel Dumas lui fit « d'exposer les faits qu'il venait de découvrir et qui pourraient bien faire époque dans l'histoire de la physiologie générale ». Il proclame la nécessité de la suppression de l'oxygène pour que le phénomène de la fermentation alcoolique se produise dans les fruits. « Au libre contact de l'air l'alcool et l'acide carbonique ne sauraient apparaître que d'une manière accidentelle ».

Telle est également l'opinion de Ricciardi (2) qui ayant vainement recherché l'alcool dans des bananes très mûres, puisqu'il ne les sépara de la « grappe que lorsque l'écorce fut devenue presque noire », en conclut que « l'acide carbonique produit par la banane dans la troisième période de sa maturation ne provient pas d'une fermentation alcoolique ». Nous aurons à rechercher si l'absence d'alcool n'est pas due à la basse température à laquelle les bananes ont dû mûrir, et si réellement les phénomènes de la fermentation alcoolique observés par MM. Lechartier et Bellamy et par

(1) Pasteur, Comptes rendus, 1872, t. LXXV, p. 789.

(2) Ricciardi, *Composition chimique de la Banane à différents degrés de maturation* (Comptes rendus, t. XCV, p. 293, 1882).

Pasteur dans les fruits privés d'oxygène ne se rencontrent pas également dans les fruits au contact de l'air, à l'époque où ceux-ci développent leur parfum ; on sait, en effet, que beaucoup de parfums de fruits sont dus à des éthers formés par la combinaison d'un acide volatil avec un alcool (acétate d'éthyle des pommes, butyrate d'éthyle des ananas, etc.) ; de plus, bien avant Pasteur et MM. Lechartier et Bellamy, Couverchel dès 1831 (1) avait signalé la formation d'alcool dans les fruits (poires, nèfles, etc.), non pas à l'abri de l'air, mais pendant leur blettissement, au contact de cet air; mais à cette époque les cellules de la levure de bière étaient mal connues, aussi Pasteur considère-t-il « la présence de l'alcool dans quelques fruits au contact de l'air comme purement accidentelle », ainsi que nous l'avons déjà dit.

II. — Hydrates de carbone et tannins.

Bérard (2) établit une distinction entre les fruits qui ne peuvent mûrir que sur l'arbre et ceux dont la maturation continue un certain temps après en avoir été détachés. Dans les deux cas, il voit la proportion des matières sucrées augmenter beaucoup à la maturation ; mais d'après lui, dans le premier, ces sucres, fournis au fruit par l'arbre, ne sont pas le résultat de modifications chimiques des substances que ce fruit contenait pendant qu'il était encore vert, tandis qu'il est obligé d'admettre que, dans le second cas, les sucres ne peuvent avoir que cette dernière origine. Or, il n'a jamais pu constater la présence de l'amidon dans les fruits. La gomme et le ligneux sont les seules substances dont il voit la proportion diminuer pendant la maturation. « Il est donc naturel de penser, dit-il, que ce sont les portions de ces substances qui ont disparu qui se sont changées en sucre ; et comme, de ces

(1) Couverchel, *Mémoire sur la maturation des fruits* (Ann. de phys. et de chim., t. XVI, p. 172, 1831).
(2) *Loc. cit.*

deux substances, le ligneux est celle qui contient le plus de carbone, il est aussi plus naturel de croire que c'est au ligneux que l'oxygène de l'air prend le carbone pour se transformer en acide carbonique, fonction indispensable pour la maturité. Enfin, pendant le blessissement, ajoute Bérard, l'altération que le ligneux a éprouvée pendant la maturation, continue; le sucre se décompose aussi et c'est à sa disparition partielle qu'il faut attribuer le goût plus fade que prennent les fruits blets. »

Couverchel (1), le concurrent de Bérard, admet l'existence de l'amidon dans les fruits, que celui-ci avait niée. Remplaçant dans le procédé de saccharification de la fécule par l'acide sulfurique, ce dernier par l'acide tartrique, il obtient du glucose et, si l'action de la chaleur n'a pas été suffisamment prolongée, une substance qu'il compare à la gomme et à la gélatine des fruits. Or il observe que la maturation ne se fait pas à basse température, aussi pense-t-il que « le sucre des fruits provient de l'action des acides de ces fruits sur l'amidon, la gomme et la gélatine à une température convenable ».

Frémy en 1840 (2) et en 1844 (3) repousse les idées de Bérard et de Couverchel sur la formation du sucre ; il oppose à celles de Couverchel les expériences de Biot démontrant que le sucre d'amidon n'exerce pas sur la lumière polarisée la même action que le sucre de raisin ; à l'opinion de Bérard, il objecte qu'il n'a pu obtenir de sucre en faisant bouillir pendant longtemps le ligneux contenu dans le péricarpe des fruits avec des acides concentrés; mais en 1848 (4), et il reproduit cette nouvelle opinion en 1883 (5),

(1) Couverchel, *Loc. cit.*, p. 175.

(2) Frémy, *Premiers essais sur la maturation des fruits : Recherches sur la pectine et l'acide pectique* (Journal de pharmacie, t. XXVI, p. 368, 1840).

(3) Frémy, *Recherches chimiques sur la maturation des fruits* (Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. XIX, p. 188-189, 1844).

(4) Frémy, *Mémoire sur la maturation des fruits* (Annales de chimie, 3e série, t. XXIV, p. 1-58, 1848).

(5) Frémy, *Recherches sur la chimie des végétaux* (Encyclopédie chimique, t. IX, 2e section, 1er fascicule, p. 55).

il revient à la théorie de Couverchel; il pense que « les acides des fruits transforment réellement l'amidon en sucre et que, en l'absence de ces acides, l'acide métapectique interviendrait pour produire la saccharification ».

Buignet commence en 1859, par l'étude chimique des fraises, un travail remarquable sur l'origine, la nature et les transformations de la matière sucrée dans les fruits acides. Ce travail fait l'objet de plusieurs communications à l'Institut et d'un beau mémoire publié dans les *Annales de chimie et de physique.* Ce savant prouve que le sucre qui se forme originairement dans les fruits acides est le sucre de canne et que pendant la maturation, ce sucre se change en sucre interverti, de sorte que, généralement, les fruits acides contiennent : ou simplement du sucre interverti (raisins, groseilles), ou bien un mélange de sucre de canne et de sucre interverti (ananas, abricots, pêches, prunes). Puis, il recherche l'origine du sucre : 1° dans les fruits acides; 2° dans les fruits à amidon (banane). Il n'a pas trouvé d'amidon dans les fruits acides; mais il a découvert dans ces fruits verts, un principe astringent qu'il suppose être un tannin; il le dose facilement par la liqueur d'iode, qui ne bleuit l'empois d'amidon ajouté comme réactif indicateur que lorsque le principe astringent s'est tout entier combiné à l'iode. Il constate que cette substance diminue dans les fruits acides au fur et à mesure que la proportion de la matière sucrée augmente et pense qu'elle est l'origine du sucre de ces fruits.

Les bananes vertes contiennent de l'amidon et du tannin en grande quantité. Buignet a suivi à l'aide de l'analyse les variations de l'amidon, du tannin et du sucre pendant la maturation de ces fruits sur la plante. Il a reconnu que l'amidon diminue et est remplacé par du sucre de canne. Il n'a pu examiner le fruit à sa parfaite maturité sur l'arbre; mais il a observé que les bananes qui achèvent leur maturation après avoir été séparées de la plante, contiennent un mélange de sucre de canne et de sucre interverti.

Il attribue à l'amidon l'origine du sucre des bananes; mais observant que le sucre obtenu dans les laboratoires par l'action des acides sur l'amidon aussi bien que sur le tannin qu'il a découvert dans les pommes n'offre pas les caractères optiques du sucre des fruits, il pense que « le procédé de transformation de ces substances en sucre, dans les fruits, est absolument différent des procédés mis en œuvre par les chimistes (1 et 2) ».

A l'encontre de Buignet, Famintzin (3) pense que même dans les fruits acides, l'amidon est l'origine des matières sucrées; car, au moment où le sucre commence à augmenter rapidement dans le raisin, il trouve de l'amidon accumulé dans « la moelle et sous l'écorce des pédoncules des grappes et des pédicelles des grains ». Il a vu cet amidon diminuer au fur et à mesure que la maturation s'avance, et dans la proportion même qu'augmente la quantité du sucre dans les graines, pour disparaître quand la maturité est complète.

Corenwinder (4) étudie la maturation des bananes séparées de l'arbre et arrive aux mêmes résultats que Buignet; mais continuant à analyser ces fruits après leur maturation complète, il voit que le sucre de canne diminue rapidement alors que le sucre interverti augmente en proportion inverse; finalement tout le sucre disparaît.

Pour compléter les recherches de Buignet et de Corenwinder sur les bananes, M. Ricciardi étudie la composition chimique de ces fruits mûris sur la plante. Il constate que « leur matière sucrée est presque en totalité du sucre de canne, tandis que celle des fruits cueillis et mûris à l'air

(1) Buignet, *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. XLIX, p. 276, 1859; t. LI, p. 894 et 1094 (1860).

(2) Buignet, *Recherches sur la matière sucrée contenue dans les fruits acides, son origine, sa nature et ses transformations* (Annales de chimie, 3e série, t. LXI, p. 233, 1861).

(3) Famintzin, *Untersuchungen über das Reifen der Trauben* (Annalen der Oenologie, t. II, p. 242).

(4) Corenwinder, *Recherches chimiques sur les productions des pays tropicaux: La Banane* (Ann. agr., t. II, p. 429, 1876).

est formée pour les quatre cinquièmes de sucre interverti et pour l'autre cinquième de sucre de canne (1) ».

Aux substances sucrées déjà nombreuses constatées dans les fruits par Buignet, il faut en ajouter d'autres. En effet, la *mannite*, que M. Berthelot (2) avait signalée dans les fruits frais de *Cactus opuntia*, est rencontrée par M. Lindet (3), dans le suc fermenté d'ananas; enfin MM. Vincent et Delachanal (4) indiquent la présence de la *sorbite* dans les pommes et celle de la *mannite* et de la *sorbite* en quantités à peu près égales dans les fruits mûrs de laurier-cerise (5).

L'existence de l'amidon dans les fruits acides, mise en doute par Bérard et Buignet, est affirmée de nouveau par les recherches de M. Grignon (6) et surtout de M. Lindet (7).

En utilisant le microscope et la réaction de l'iode, M. Lindet le rencontre abondamment dans les pommes, les poires, les pêches, les prunes, les abricots et les raisins verts. Réparti également dans toute l'épaisseur de la pomme verte, l'amidon diminue et même peut disparaître dans la partie centrale, avec les progrès de la maturation.

M. Lindet étudie les relations entre les proportions de l'amidon et du sucre : 1° dans les pommes cueillies et mises à mûrir dans un fruitier (maturation complémentaire); 2° dans les pommes qui mûrissent sur l'arbre.

Dans la maturation complémentaire, quelle que soit l'époque à laquelle on a cueilli les pommes, il observe toujours

(1) Ricciardi, *Composition chimique de la Banane à différents degrés de maturation* (Comptes rendus, t. XCV, p. 293, 1882).

(2) Berthelot, *Annales de chimie*, t. XLVI, p. 83, série III.

(3) Lindet, *Bull. Soc. chim.*, t. XL, p. 65, 1883.

(4) Vincent et Delachanal, *Présence de sorbite dans les fruits rosacés* (Comptes rendus, t. CVIII, p. 354).

(5) Vincent et Delachanal, *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 486, 1892; et *Bull. Soc. chi.*, 1892, t. VII, p. 346.

(6) Grignon, in *Le Cidre*, Paris, 1887.

(7) Lindet, *Recherches sur le développement et la maturation de la pomme à cidre* (Ann. agr., 1894, t. XX, p. 5).

les deux phénomènes suivants : « d'une part production de saccharose aux dépens de l'amidon ; d'une autre, inversion de ce saccharose. Ce dernier phénomène s'accomplit d'une façon régulière ; le premier, au contraire, se ralentit quand la proportion de l'amidon s'abaisse dans les environs de 2 p. 100. » Enfin le total des hydrates de carbone exprimé en glucose diminue constamment par la respiration.

Dans la maturation sur l'arbre, il constate les mêmes phénomènes. Ceux-ci à la vérité sont profondément troublés : non seulement par l'apport incessant des hydrates de carbone élaborés dans les feuilles, et spécialement de l'amidon ; mais encore par l'utilisation des matériaux hydrocarbonés à la croissance et à la respiration du fruit. Dans le cours de cette maturation, le total des hydrates de carbone (amidon, saccharose et glucose), continue à augmenter un certain temps (environ un mois et demi), après que les pommes ont présenté les premiers caractères de la maturité. Or, à ce moment même, l'amidon qui avait augmenté jusque-là, diminue. Il y a donc eu, pense-t-il, même à l'époque ou la teneur en amidon diminuait, un nouvel apport fourni par les feuilles. M. Lindet se demande si cet apport s'est manifesté par un nouveau dépôt d'amidon qui se serait changé en sucre plus vite qu'il ne se serait formé, ou bien si la feuille a fourni directement ce sucre qui est du saccharose. Il remarque en effet, que pendant cette période où la quantité d'hydrates de carbone s'accroît, l'amidon diminuant, le saccharose seul augmente, tandis que la teneur en sucre interverti reste stationnaire ; ce n'est que plus tard, quand le total des hydrates de carbone diminuera, que la quantité de saccharose deviendra moindre, par suite de la transformation de ce dernier en sucre interverti.

M. Lindet, entraîné peut-être par la constatation de l'amidon dans les fruits acides, ne compare entre elles que les variations de cette substance et des sucres. Il attribue peu d'importance aux variations des acides. Et cependant, puisque les acides diminuent pendant la maturation, ne pour-

raient-ils pas fournir une partie des matières sucrées?

La présence de l'amidon dans les pommes a encore été constatée par M. Kulisch (1), qui divise ces fruits en deux groupes :

Pommes ne possédant plus d'amidon au moment de l'aoûtage (précoces) et pommes en possédant encore à cette époque (pommes d'hiver, tardives). C'est, dit-il, dans ces dernières que, après la récolte, la quantité absolue du sucre augmente, par suite de la transformation de l'amidon ; mais, à côté de l'augmentation absolue du sucre, il distingue l'augmentation relative due à la concentration du suc des fruits par le phénomène de la transpiration.

Nous verrons dans l'étude des acides, que la substance signalée par Buignet dans les pommes comme étant un tannin, n'en était pas; cependant les fruits acides renferment du tannin et mademoiselle Mayoux (2) a montré que, dans les pommes, il est localisé dans des cellules spéciales. C'est à son oxydation que M. Lindet (3) attribue la coloration que prend la surface d'une section de pomme exposée à l'air, ainsi que le jus et le marc des pommes pendant la fabrication du cidre; il trouve que les conditions de cette oxydation correspondent exactement aux conditions d'existence d'un ferment soluble qui présiderait à cette oxydation même. Plus tard (4), il isole ce ferment en le précipitant au moyen de l'alcool. Ajoutant le précipité au jus bouilli, incolore, il obtient un jus coloré; s'il opère en vase clos, il constate qu'il y a absorption d'oxygène et dégagement d'un volume sensiblement égal de gaz carbonique. Cette diastase, ainsi que celle observée dans les raisins mûrs par M. Martinand (5) sont voisines de la laccase de M. G. Bertrand.

(1) Kulisch, *Recherches sur la maturation des pommes* (Landwirth. Jahrbücher, XXI, p. 871).

(2) Mlle Mayoux, *Ann. de l'Université de Lyon*, t. VI.

(3) Lindet, in *Le Cidre*, 1893, p. 150.

(4) Lindet, *Sur l'oxydation du tannin de la pomme à cidre* (Comptes rend., t. CXX, p. 370).

(5) Martinand, *Action de l'air sur le moût de raisin* (Comptes rendus, t. CXX,

III. — Acides.

Les deux savants qui, pour répondre à l'invitation de l'Académie, en 1821, ont, les premiers, étudié les phénomènes chimiques de la maturation des fruits, ne partagent pas les mêmes opinions relativement à la teneur en acides des fruits, aux diverses époques de leur évolution.

Pour Bérard (1) si un fruit mûr « nous paraît avoir perdu la saveur acide qu'il avait avant la maturité, c'est que la grande quantité de sucre qui lui est arrivée quand il est mûr, masque sa saveur acide » ; mais la quantité absolue d'acides n'a pas varié.

Couverchel (2) au contraire admet que les acides diminuent pendant la maturation.

Il attribue à leur action sur les substances « gommo-gélatineuses » des fruits, la formation de la matière sucrée.

Comme l'auteur précédent, Frémy (3) trouve que la réaction acide des fruits diminue au fur et à mesure que la maturation s'avance et, qu'elle n'est presque plus appréciable au papier de tournesol à l'époque de la maturité complète. D'après lui, ce fait serait dû : non pas à la disparition des acides, mais à leur saturation par les bases provenant de l'arbre. Cette saturation lui paraît une condition indispensable pour que les fruits mûrissent. A l'appui de cette manière de voir, il fait remarquer que les fruits cueillis trop tôt conservent toujours une saveur acide et astringente. Cette observation nous paraît incomplète. N'y aurait-il pas lieu de rechercher si l'acidité et l'astringence ne disparaîtraient pas dans ces fruits sous l'influence d'une température convenable ?

p. 1426) ; *Action de l'air sur le moût de raisin et sur le vin* (Comptes rendus, t. CXXI, p. 502).

(1) Bérard, *Loc. cit.*

(2) Couverchel, *Loc. cit.*

(3) Frémy, *Recherches chimiques sur la maturation des fruits* (Comptes rend., t. XIX, p. 788, 1844).

Le même chimiste en arrosant un prunier avec une solution faible de carbonate de soude, ou en plongeant des branches de cet arbre dans la liqueur alcaline, constate que la formation du sucre est arrêtée dans les fruits.

Couverchel fait observer que la solution alcaline a dû altérer l'arbre ainsi que les fruits. En effet dans cette expérience Frémy remarquait que les prunes se détachaient au bout de peu de temps et, ajoute Couverchel, « un fruit, avant son développement ne se détache jamais de la plante qui le porte, à moins de secousses violentes ou d'altération (1) ».

Neubauer (2) prétend, et cette assertion vient à l'appui de la thèse de Frémy, que, si les acides semblent diminuer dans le raisin, c'est qu'ils sont saturés par des bases salifiables ; il trouve en effet que la potasse et les substances minérales augmentent dans les grains pendant la maturation.

Ces résultats sont en désaccord avec ceux d'un grand nombre d'auteurs.

C'est ainsi que Famintzin (3) pour les raisins, Beyer (4) pour les groseilles, trouvent que les principes minéraux et les acides diminuent lors de la maturation; de même Pfeiffer (5) montre qu'à aucun moment de la maturation des pommes et des poires, les acides ne se trouvent saturés par les bases.

Avec M. Petit, nous voyons pour la première fois l'hypothèse de la transformation des acides en sucre être appuyée d'arguments sérieux. Après avoir constaté la présence de sucres et d'acides en quantité notable dans les feuilles de vigne, cet auteur compare les proportions de ces deux sortes de produits qui existent dans les feuilles de vigne et dans les

(1) Couverchel, *Loc. cit.*

(2) Neubauer, *Chemische Untersuchungen über das Reifen der Trauben* (An. der Oenologie, t. V, p. 358, 1875).

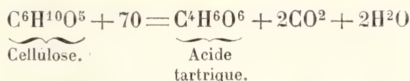
(3) Famintzin, *Untersuchungen über das Reifen der Trauben* (An. der Oenologie, t. II, p. 242).

(4) Beyer, *Archiv der Pharmacie*, et *Bull. Soc. chim.*, t. VII, 2e série, p. 192, 1867.

(5) Pfeiffer, *Chemische Untersuchungen über das Reifen der Kernobstes* (An. der Oenologie, t. V, p. 277).

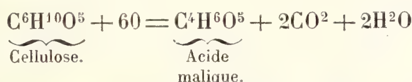
grains de raisin. Tandis que ces derniers ne contiennent que du sucre interverti, les feuilles renferment un mélange de sucre interverti et de saccharose ; celui-ci même est quelquefois aussi abondant que le premier. Quant à l'acidité, elle est considérable et à peu près constante dans les feuilles, alors que dans les grains de raisin elle diminue beaucoup au cours de la maturation ; comme il rencontre dans le raisin mûr et dans le raisin vert la même quantité de base, il admet avec les auteurs précédents que la diminution de l'acidité est due non pas à la saturation, mais à la disparition des acides.

Ses observations le conduisent à admettre que les feuilles élaborent des acides qui s'accumulent dans le raisin où ils se transforment en sucre. D'après lui, les feuilles, en décomposant l'acide carbonique et l'eau pour former de la cellulose, mettent de l'oxygène en liberté. « Cet oxygène réagit sur la cellulose et la transforme en acide tartrique :



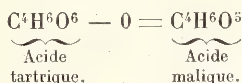
$$\underbrace{C^6H^{10}O^5}_{\text{Cellulose.}} + 7O = \underbrace{C^4H^6O^6}_{\text{Acide tartrique.}} + 2CO^2 + 2H^2O$$

et en acide malique :



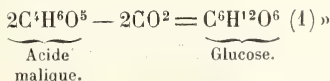
$$\underbrace{C^6H^{10}O^5}_{\text{Cellulose.}} + 6O = \underbrace{C^4H^6O^5}_{\text{Acide malique.}} + 2CO^2 + 2H^2O$$

« L'acide tartrique est transformé en acide malique par une substance colorante réduisant le nitrate d'argent qui existe dans le verjus :



$$\underbrace{C^4H^6O^6}_{\text{Acide tartrique.}} - O = \underbrace{C^4H^6O^5}_{\text{Acide malique.}}$$

« Enfin l'acide malique se transforme en sucre d'après l'équation suivante :



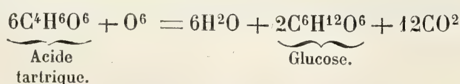
$$\underbrace{2C^4H^6O^5}_{\text{Acide malique.}} - 2CO^2 = \underbrace{C^6H^{12}O^6}_{\text{Glucose.}}$$ (1) »

(1) Petit, *De la disparition des acides du raisin et de leur transformation en*

L'originalité de cette élégante théorie, et cela ressort nettement de l'examen de la dernière équation, consiste à envisager le sucre comme produit par une sorte de fermentation des acides, fermentation se traduisant par une élimination de gaz carbonique, sans fixation d'oxygène. Il en résulte que pour Petit la disparition des acides n'est pas due à une combustion même incomplète, et qu'elle n'offre aucun rapport avec la respiration.

L'étude de la respiration des moisissures cultivées dans des solutions d'acides et celle de leur mycélium nous permettront peut-être de discuter la valeur de cette théorie. L'hypothèse de la formation du sucre aux dépens des acides est encore soutenue par Mercadante (1). Avec Petit, il pense que cette transformation se produit dans le grain de raisin même, mais seulement à l'époque de la maturation, et il ne la croit pas, dans les prunes du moins, l'unique origine du sucre. En observant en effet des prunes aux diverses phases de leur développement jusqu'à leur maturité complète, il remarque que pendant la période où, étant vertes, elles fonctionnent comme des feuilles, l'acidité et le sucre augmentent parallèlement, tandis que le poids des substances gommeuses diminue. Il admet qu'à cette époque, le sucre prend naissance par l'action prolongée de l'acide malique sur les substances gommeuses.

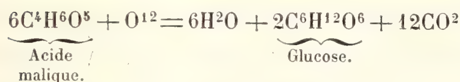
Pendant la période de maturation, il signale l'existence d'une relation assez constante entre la quantité de gaz carbonique dégagée par les prunes, la quantité du sucre produit et celle de l'acide malique décomposé et, avec ces données, il établit l'équation suivante de la formation du sucre aux dépens des acides :



$$\underbrace{6C^4H^6O^6}_{\text{Acide tartrique.}} + O^6 = 6H^2O + \underbrace{2C^6H^{12}O^6}_{\text{Glucose.}} + 12CO^2$$

sucre (Comptes rendus, t. LXI, p. 760, 1869); *Sur le sucre contenu dans les feuilles de vigne* (Comptes rendus, t. LXXVII, p. 944, 1873).

(1) Mercadante, *Sur la formation du sucre dans les fruits* (Gazzetta chimica italiana, 5e série, p. 125, 1875).



$$\underbrace{6C^4H^6O^5}_{\text{Acide malique.}} + O^{12} = 6H^2O + \underbrace{2C^6H^{12}O^6}_{\text{Glucose.}} + 12CO^2$$

Malheureusement, il n'a pas mesuré la quantité de l'oxygène absorbé et cependant, celui-ci figure quantitativement dans sa réaction, qui par ce seul fait devient hypothétique, en admettant même qu'une certaine partie du gaz carbonique dégagé ne proviendrait pas de réactions autres que celles qui engendrent d'après lui le glucose

Tandis que Petit et Mercadante considèrent le fruit comme le siège de l'élaboration du sucre, Macagno (1) estime que « les feuilles et surtout les feuilles supérieures aux grappes doivent être considérées comme les organes sécréteurs du glucose et de l'acide tartrique du grain de raisin ». Il se préoccupe peu de l'acide. Son opinion sur l'origine de la matière sucrée résulte d'un certain nombre de dosages de sucre faits comparativement dans trois séries d'expériences :

1° A un moment donné, avec les feuilles situées au-dessus et au-dessous des grappes;

2° A différentes époques, avec des feuilles situées au-dessus des grappes;

3° Avec des raisins situés sur des branches dont on avait ou non élagué l'extrémité.

« Ces dosages lui montrent en effet que le glucose se forme de préférence dans les feuilles supérieures du pampre à fruit, que la production du sucre dans ces feuilles marche avec le développement du raisin et qu'elle se réduit beaucoup et même disparaît après la vendange ; enfin que les rameaux verts servent à conduire le sucre dans les grains de raisin où il s'accumule. »

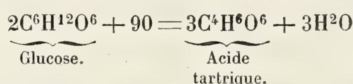
Avec MM. Saintpierre et Magnien, Müller, Lévy, nous allons voir s'accentuer davantage l'idée d'assimiler le grain

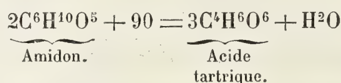
(1) Macagno, *Recherches sur les fonctions des feuilles de vigne* (Comptes rendus, t. LXXXV, p. 763 et 810, 1877); *R. stazione œnologica sperimentale del Gattinara. Lavori exseguiti nel* 1877, Casale.

de raisin à un simple réceptacle où le sucre s'accumule, en même temps que naîtra l'hypothèse de la combustion complète des acides. Auparavant, examinons rapidement les travaux de Neubauer et de Pollaci.

Neubauer dans son ouvrage *la Chimie du vin*, dit que les raisins séparés de la plante ne sont pas susceptibles de mûrir davantage, tandis que Pollaci (1), à la suite d'analyses faites avec des raisins verts et avec des raisins identiques, mais abandonnés à eux-mêmes après avoir été cueillis, voit dans ces derniers la quantité de sucre augmenter et l'acidité diminuer; ils continuent donc à mûrir; d'un autre côté, il remarque (2) que lors de la maturation complète, l'accroissement de la quantité de matière sucrée, qui, jusqu'alors avait été continue dans les raisins, s'arrête avant que la diminution des acides soit parvenue à sa dernière limite.

MM. Saintpierre et Magnien (3) admettent dans leur travail que « le raisin encore vert, reçoit par la sève une solution d'acides végétaux, de sels minéraux et de glucose; une partie des hydrates de carbone qu'il contient s'oxyde pour se transformer en acides par une des combustions incomplètes suivantes :





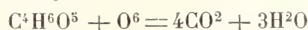
« C'est sur ce mélange complexe contenu dans le raisin que l'oxygène de l'air agit, et son action doit évidemment se porter sur les composés déjà oxydés pour les brûler complètement et les amener à l'état d'eau et

(1) Pollaci, *Rivista di viticultura ed œnologia italiana dai professori Cerletti e Capene*. 31 oct. 1877, Conegliano.
(2) Pollaci, *La teoria e la pratica della œnologia*. Firenze, 1862. p. 38.
(3) Saintpierre et Magnien, *Loc. cit.*

d'acide carbonique d'après les équations suivantes :



$$\underbrace{C^4H^6O^6}_{\text{Acide tartrique.}} + O^5 = 4CO^2 + 3H^2O$$



$$\underbrace{C^4H^6O^5}_{\text{Acide malique.}} + O^6 = 4CO^2 + 3H^2O$$



$$\underbrace{C^6H^8O^7}_{\text{Acide citrique.}} + O^9 = 6CO^2 + 4H^2O \text{ »}$$

Pour ces deux savants, les acides diminuent donc dans le raisin par combustion complète; mais se fondant sur ce que les acides organiques combinés aux bases, même à l'état de sels acides, sont bien moins oxydables que les acides libres, ils pensent que la cellule du raisin, quand elle n'a plus comme aliment acide que du bitartrate de potassium, consomme de préférence le glucose. C'est ainsi qu'ils expliquent que dans les raisins ayant dépassé un certain degré de maturation, la quantité de sucre qui jusque-là avait augmenté diminue, tandis que celle des acides reste constante, après avoir diminué.

Les opinions de MM. Müller et Lévy au sujet de l'influence de la lumière sur la quantité des sucres et des acides des grains de raisin sont complètement opposées l'une à l'autre.

D'après M. Müller (1) le grain de raisin maintenu dans une profonde obscurité depuis le moment où l'ovule a été fécondé, jusqu'à la fin du développement, possède les mêmes dimensions, la même coloration, la même quantité de sucre et d'acides que les raisins laissés à la lumière. Il en conclut que la lumière n'a aucune influence sur le développement du grain de raisin et que le sucre est élaboré non pas par la chlorophylle de ce grain, puisqu'elle n'agit qu'à la lumière, mais dans les autres organes de la vigne, pour s'accumuler ensuite dans le raisin.

Au contraire M. Lévy dont les expériences ont duré plu-

(1) Müller, *An. der Œnologie*, t. VI, p. 876; *Bericht über den Congress zu Creuznach.*

sieurs années, trouve que les grappes de raisin maintenues à l'obscurité contiennent moins de sucre et plus d'acides que les grappes maintenues au soleil, la température étant la même dans les deux cas. Donc, conclut-il, la lumière active la combustion des acides. Mais dans cette expérience, il y a aussi diminution de la quantité de sucre à l'obscurité et M. Lévy aurait dû se demander si l'augmentation du sucre à la lumière ne provenait pas de la transformation des acides en sucre, dans le grain de raisin même. Il n'envisage même pas cette hypothèse, tellement il est convaincu qu'il n'existe aucune relation entre les acides et le sucre. Tout en constatant en effet que « le progrès de la maturation des raisins est caractérisé par deux phénomènes concomitants : augmentation rapide et continuelle du sucre, diminution progressive de l'acidité », il dit que ceux qui voient « dans les acides la source principale du sucre que « contient le raisin mûr, confondent la concomitance de ces « deux faits avec des rapports de causalité imaginaire (1) ». Pour lui comme pour MM. Müller et Famintzin, le sucre des raisins proviendrait de l'amidon produit par les feuilles et accumulé dans les pédoncules des grappes ; il pense que cette transformation est due à l'action d'une diastase.

Comme preuve de l'influence de la lumière sur la destruction des acides, Lévy cite encore la constatation faite pendant la maturation des raisins, par E. Mach et Portelli (2) de la diminution de l'acidité plus rapide à la périphérie (région qui reçoit le plus de lumière) que vers le centre. Les mêmes auteurs (3) observent encore que dans le raisin vert, le sucre du mésocarpe est dextrogyre, alors que dans le raisin mûr, il est lévogyre.

(1) Lévy, *L'actinomètre Arago-Davy. Contribution à l'étude de la maturation des raisins* (Annales agronomiques, t. IV, p. 531, 1878 ; t. VI, p. 100, 1880 ; t. VII, p. 230, 1881, et Giornale vinicola italiana, 1880).

(2) Mach et Portelli, *Ueber das Maischen des Trauben* (Weinlaube, t. XII, p. 50).

(3) Mach et Portelli, *Ueber die Zuzammensetzung des Zellinhaltes der einzelnen Theile der Traubenbeere* (Weinlaube, XIII, p. 61).

Nous avons vu les dernières recherches relatives aux hydrates de carbone des fruits conduire à la découverte d'un nombre considérable de corps appartenant à ce groupe et, par suite, la composition chimique de ces fruits se compliquer à un tel point qu'il devenait difficile de comparer les variations respectives de ces substances à celles des sucres. En terminant l'histoire des acides, nous allons être amené aux mêmes conclusions ; leur nombre devient si grand, leur séparation si difficile, qu'il serait illusoire de chercher dans la variation de l'acidité autre chose qu'une simple indication. Prenons pour exemple les raisins. Pendant longtemps, on a cru qu'ils ne contenaient que de l'acide tartrique. A celui-ci, Erlenmeyer et Horster (1) ajoutent les acides glycolique et oxalique, Schwarz (2) l'acide malique, Brünner et Brandenburg (3) l'acide succinique. Les deux derniers auteurs émettent alors une hypothèse séduisante, d'après laquelle tous les acides du raisin dériveraient les uns des autres par réductions successives, le premier formé étant l'acide oxalique qui prendrait naissance pendant l'assimilation chlorophyllienne, par réductions de l'acide carbonique. Il manquait à cette série de réaction l'acide glyoxylique : Brünner et Chuard (4) le rencontrent bientôt dans les raisins verts, les pommes, les groseilles, les prunes ; ils retirent également de l'acide formique, par distillation, des groseilles.

La théorie de Brünner devenait donc moins incertaine, d'autant plus que Kolb et Drechsel, Kolb et Schmidt venaient de montrer que les acides formique et oxalique sont les premiers produits de réduction de l'acide carbonique en solution dans l'eau [$CO(OH)^2$] et que Erlenmeyer, par sa

(1) Erlenmeyer et Horster, *Zeitschrift für Chemie und Pharmacie*, t. VII, p. 212.

(2) Schwarz, *An. der Chemie und Pharmacie*, t. LXXXIV, p. 83.

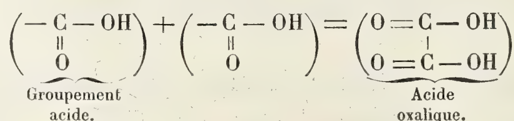
(3) Brünner et Brandenburg, *Bericht der d. Chem. Gesel.*, t. IX, p. 982, 1876 : *Ueber das Vorkommen der Bernsteinsaüre in unreifen Trauben.*

(4) Brünner et Chuard, *Ueber das Vorkommen von Glyoxylsaüre in den Pflanzen* (*Berichte der d. Chem. Gesel.*, t. XIX, p. 595, 1886, *Phytochemische Studien*).

théorie de l'assimilation chlorophyllienne, rendait probable la présence de l'hydrogène nécessaire pour opérer les réductions successives. Ce savant, en effet, admet que la molécule d'eau, sous l'influence de la lumière solaire, serait décomposée en hydrogène et en peroxyde d'hydrogène, ce dernier se dédoublant lui-même en eau et oxygène libre qui se dégagerait.

En possession de tous ces faits nouveaux, MM. Brünner et Chuard reprennent, en la développant davantage, la théorie de M. Brünner. L'hydrogène réagissant sur l'acide carbonique dissous, enlèverait de l'oxygène à cet acide sous forme d'eau et engendrerait la série des groupements fonctionnels : aldéhyde, alcool primaire, alcool secondaire, alcool tertiaire, acide, acétone. Ne pouvant exister à l'état de liberté, ces groupements saturent mutuellement leurs atomicités libres et donnent naissance à des acides (acide formique, acide oxalique, acide succinique), à des acides aldéhydes (acide glyoxylique), à des acides alcools primaires (acide glycolique), à des acides alcools secondaires (acide malique, acide tartrique), à des acides alcools tertiaires (acide citrique).

A côté de ces réactions, ils en admettent d'autres, en vertu desquelles, l'acide oxalique formé lui-même par l'union de deux groupements fonctionnels acides :



donnerait par l'action de l'hydrogène, de l'acide glyoxylique; suivant les quantités d'hydrogène qui entreraient en réaction, ce dernier engendrerait les acides succinique, malique, tartrique, citrique, etc. A l'appui de cette manière de voir, Brünner et Chuard disent avoir rencontré, dans les jeunes fruits verts, principalement les acides formique, oxalique, glycolique et glyoxylique; à la maturité l'acide glyoxylique aurait complètement disparu, tandis que les acides succinique, malique et tartrique augmenteraient beaucoup; mais,

même à cette époque l'acide glyoxylique existerait encore dans les feuilles vertes, aussi pensent-ils que cet acide en passant de la feuille dans le fruit, se transforme par condensation et réduction pour donner les acides supérieurs de la série.

Les recherches faites par ces auteurs sur les groseilles à maquereau et les groseilles ordinaires, les conduisent à admettre que les acides des fruits verts proviennent non seulement des feuilles, mais encore de ces fruits mêmes.

Les acides tartrique, malique, citrique ainsi formés ne se transforment pas en sucre d'après MM. Brünner et Chuard. Ils n'ont jamais pu, disent-ils, constater pendant la maturation des deux fruits cités plus haut, une diminution sensible des acides en corrélation avec l'augmentation du sucre, et ils considèrent cette diminution comme nécessaire à l'hypothèse de la transformation des acides en sucre.

Pour eux (1) l'origine du sucre des fruits doit être recherchée dans une substance particulière que Buignet avait étudiée dans les pommes vertes et qu'il considérait comme un tannin. Ils montrent que cette matière, très répandue dans les fruits verts, est un glucoside formé par la combinaison d'une molécule de glucose avec deux molécules d'acide succinique et élimination de deux molécules d'eau. Ils l'appellent acide glucosuccinique et le considèrent comme un des premiers produits de l'assimilation chlorophyllienne. Ils expliquent sa formation en admettant qu'un certain nombre de groupements fonctionnels alcool primaire, alcool secondaire et aldéhyde, s'unissent pour former le glucose et que ce glucose se combine immédiatement à l'acide succinique formé lui-même, comme on l'a vu, aux dépens de l'acide glyoxylique.

Ce glucoside produit par les feuilles et les fruits verts s'accumule dans ces derniers. A la maturation, il disparaît.

(1) Brünner et Chuard, *Ueber das Vorkommen einer Glycobernsteinsaüre in den Pflanzen und deren Nachweiss als Monojodbernsteinsaüre* (in Berichte d. D. Ch. Gesel., t. XIX, p. 598, 1886).

Cette disparition ainsi que la constance du rapport entre la quantité d'acide et celle du sucre aussi bien dans les groseilles vertes que dans les mêmes fruits mûrs, permettent à MM. Brünner et Chuard d'attribuer la formation du sucre dans les fruits acides à la décomposition de l'acide glucosuccinique.

Si les fruits très jeunes ne présentent ni saveur sucrée, ni saveur acide, c'est que le sucre et l'acide s'y trouvent totalement combinés sous forme de ce glucoside succinique dans lequel les fonctions acides et alcools se masquent mutuellement.

De même, si les fruits verts un peu plus âgés ont simplement une saveur acide, cela est dû à ce qu'ils contiennent un mélange de glucoside insipide et d'une petite quantité d'acides, ces acides ayant été formés en excès par les fruits verts. Enfin ils expliquent la saveur franchement acide et sucrée des fruits mûrs par la dissociation du glucoside en sucre et acide.

MM. Brünner et Chuard interprètent de la même façon les phénomènes qui se produisent pendant la maturation des fruits séparés de la plante.

Les fruits cueillis alors qu'ils sont encore verts, contiennent, disent-ils, outre du glucose et des acides, une certaine quantité de glucoside non encore décomposé qui, par fermentation, se dédoublera peu à peu. Cette décomposition et par suite, l'augmentation du sucre, est accélérée par la chaleur.

De toutes les théories que nous avons passées en revue, celle-ci est certainement la plus ingénieuse et la plus séduisante ; elle repose sur quelques faits d'observation précis ; mais nous croyons qu'elle ne tient pas assez compte de la disparition des acides pendant la maturation. Si les fruits séparés de l'arbre possèdent constamment la même quantité d'acides organiques libres ou combinés quel que soit le degré de maturation qu'on leur laisse atteindre et quelle que soit aussi la température à laquelle on les expose, la concep-

tion de MM. Brünner et Chuard devient probable; mais en est-il réellement ainsi? Nous pensons qu'il y aura intérêt à porter nos investigations de ce côté.

La découverte de nouveaux acides, leur transformation les uns dans les autres, leur combinaison avec le glucose à l'état de glucosides, compliquaient déjà beaucoup la question; la découverte de composés résultant de la combinaison des acides entre eux vient encore la rendre plus complexe.

M. Ordonneau (1) signale en effet, dans les raisins verts, une combinaison d'acide tartrique droit et d'acide malique gauche qu'il compare à l'acide racémique. Il l'appelle acide tartromalique. Cet acide existe en quantité d'autant plus considérable que les fruits sont plus éloignés de leur maturation; dans quelques cas même il peut représenter les trois quarts de l'acidité du raisin.

PLAN. — MÉTHODES ET APPAREILS.

Des nombreux et remarquables travaux relatifs à la maturation des fruits, nous n'avons résumé dans cet historique que ceux dont la connaissance était indispensable pour la justification de nos recherches. Quant au plan que nous adopterons, il découle des réflexions contenues dans l'introduction et des critiques esquissées au cours de l'historique.

Dans presque tous les fruits charnus sucrés on rencontre, mélangés, des acides, de l'amidon et du tannin; mais dans certains d'entre eux il y a prédominance d'un de ces trois principes, lequel paraît imprimer des caractères spéciaux aux phénomènes de la maturation.

Nous choisirons : comme types de fruits où les acides prédominent les *Pommes* (acide malique), les *Raisins* (acide tartrique) et les fruits des *Aurantiacées* (acide citrique); comme type de fruits où le tannin est la substance prin-

(1) Ordonneau, *Bull. Soc. chim.*, 1891.

cipale, les *Kakis;* enfin, comme type de fruits contenant surtout de l'amidon, les *Bananes*.

Nous étudierons les échanges gazeux de ces fruits avec l'atmosphère, aux températures de 33°, 30°, 20°, 0°, les trois premières se rencontrant normalement en été, le jour ou la nuit et la quatrième assez fréquemment en automne, la nuit.

Ces expériences seront faites autant que possible :

1° Aux différentes époques de la maturation sur l'arbre;

2° Aux différents moments de la maturation des fruits après leur séparation de l'arbre ;

3° Pendant le blettissement ;

4° Aux mêmes époques que ci-dessus, mais après division en plusieurs quartiers.

Les fruits qui auront servi aux recherches sur la respiration seront ensuite analysés en vue du dosage des acides, de l'amidon, du tannin, des sucres.

Après avoir comparé la composition chimique de ces fruits aux phénomènes observés pendant la respiration, nous donnerons comme aliment à des spores de *Sterigmatocytis nigra* la substance chimique caractéristique de chacun de ces fruits, seule ou mélangée en différentes proportions avec du saccharose. Nous répéterons avec ces moisissures les expériences de respiration que nous aurons faites avec les fruits, en nous attachant particulièrement à étudier l'influence de la température et de la quantité de saccharose ajoutée à la substance caractéristique. Nous déterminerons le poids des hydrates de carbone (mycelium) formés dans les divers cas. La comparaison des résultats ainsi obtenus avec ceux observés par ailleurs dans les fruits nous permettra de hasarder quelques hypothèses pour expliquer la disparition des acides, du tannin, de l'amidon et l'origine de la matière sucrée.

Nous étant ainsi familiarisé avec les différents mécanismes de la maturation des fruits acides, des fruits à tannin et des fruits amylacés, nous aborderons l'étude des fruits de

composition mixte (Sorbes, Nèfles, Prunelles, etc.), c'est-à-dire de ceux dans lesquels on rencontre une quantité notable d'acides, d'amidon et de tannin ; nous essaierons de distinguer dans les échanges gazeux s'opérant entre ces fruits et l'atmosphère la part qui revient à chacune des trois substances.

Enfin, après avoir ainsi examiné le plus complètement qu'il nous sera possible le phénomène de la maturation des fruits, nous tâcherons de dégager, sous forme de conclusions, les faits nouveaux que nous aurons constatés dans le cours de nos recherches.

Nous avons adopté pour l'étude de la respiration des fruits, la méthode de l'*air confiné*, telle qu'elle a été exposée par MM. Bonnier et Mangin (1). Elle consiste à placer un fruit dans un vase contenant un certain volume d'air isolé de l'air extérieur.

L'analyse du gaz confiné, faite au début et à la fin de chaque expérience au moyen de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin, permet d'évaluer la quantité de gaz carbonique dégagé et la quantité d'oxygène absorbé par le fruit. Le rapport des deux quantités donne le quotient respiratoire. La détermination, à la fin de l'expérience, du volume de l'atmosphère qui entoure le fruit, le poids de ce dernier, la durée de l'expérience, la connaissance de la valeur du quotient respiratoire nous permettent de calculer les volumes de gaz carbonique dégagé et d'oxygène absorbé en une heure par 1 kilogramme de fruit. Ce sont les nombres ainsi obtenus que nous avons consignés dans nos tableaux, à côté du quotient respiratoire correspondant.

Comme les fruits doivent séjourner souvent plusieurs mois dans nos appareils et que ces derniers sont soumis à de fréquents déplacements, nous avons dû chercher à les simplifier le plus possible, tout en leur donnant le maximum

(1) G. Bonnier et L. Mangin, *Respiration et transpiration des Champignons* (Ann. des sc. naturelles, 1884, 6e série, t. XVII, p. 221).

de solidité, et à éviter l'influence probable des vapeurs mercurielles.

Appareil de respiration. — Un flacon cylindrique en verre *A* à large ouverture, est fermé par un bouchon de liège que l'on a maintenu longtemps dans la paraffine fondue ; celle-ci obture les pores du bouchon et la chaleur à laquelle le liège se trouve soumis dans le bain de paraffine est suffisante pour le stériliser (planche I, fig. 1).

Le bouchon présente trois ouvertures. Dans l'une est engagé un thermomètre *B* destiné à indiquer la température de l'atmosphère du flacon.

A travers la seconde passe un tube de verre *C* s'enfonçant jusqu'à la moitié de la hauteur du flacon, recourbé à angle droit à sa partie supérieure et présentant dans la branche horizontale un étranglement contre lequel vient buter un tampon d'ouate ; son extrémité libre est coiffée d'un tube de caoutchouc pouvant être fermé au moyen d'une baguette de verre pleine. La troisième ouverture porte un tube *D* recourbé comme le précédent, mais dont la branche verticale dépasse à peine la surface inférieure du bouchon ; la branche horizontale du tube est munie d'un robinet à trois voies *d* qui permet de le faire communiquer, soit avec un manomètre à mercure *E*, soit avec le tube horizontal *F* qui porte lui aussi un étranglement et un tampon d'ouate. Pour éviter l'action des vapeurs mercurielles, nous avons pris la précaution de recouvrir d'une mince couche d'eau la surface *a* de la colonne mercurielle.

Les deux tubes et le thermomètre sont stérilisés à l'autoclave et enfoncés dans le bouchon au moment où celui-ci est retiré de la paraffine et l'ensemble est placé chaud encore sur le flacon stérilisé. Dans ce dernier se trouvent déjà le fruit lavé à l'eau boriquée, puis à l'eau stérilisée, ainsi qu'un petit tube contenant quelques centimètres cubes d'eau destinée à maintenir l'atmosphère constamment saturée d'humidité.

Le bouchon est enfoncé suffisamment pour former avec le bord du flacon une cuvette que l'on remplit de paraffine

fondue en même temps que l'on établit un vide partiel dans l'appareil, de façon à faire pénétrer cette substance dans les interstices qui peuvent exister.

Aux températures de 20°, 30°, 33° auxquelles nous avons opéré, il ne se produit pas de fissures dans la paraffine et le manomètre nous a toujours montré que la fermeture de nos appareils restait parfaite pendant toute la durée de l'expérience.

Mais pour les expériences faites à 0° il n'en est pas ainsi, nous avons dû recourir alors au bouchon de caoutchouc.

Le tube *C* du flacon ainsi préparé est alors mis en communication avec une trompe à eau, le robinet à trois voies *d* étant disposé de telle façon que l'air extérieur puisse pénétrer par les tubes *E* et *D* dans le flacon et en renouveler l'atmosphère. On sépare ensuite l'appareil de la trompe ; on ferme le tube *C* au moyen de la baguette de verre, puis on oriente le robinet *d* de façon à intercepter la communication entre l'air extérieur et l'atmosphère du flacon et à l'établir entre cette dernière et le manomètre. L'appareil est alors prêt à être placé à l'étuve.

Prises de gaz. — Chaque fois qu'il est nécessaire, pour analyser l'atmosphère du flacon, d'en prélever un échantillon, nous mettons le tube *E* en communication avec l'appareil représenté dans la planche I, semblable à celui qui a servi dans les expériences de MM. Bonnier et Mangin. Le fonctionnement de cet appareil est trop connu pour que nous y insistions davantage.

Si l'atmosphère interne des plantes ordinaires est assez réduite et si les dimensions de leurs lacunes sont assez fortes pour que le mélange mécanique de cette atmosphère avec l'air confiné ne modifie pas sensiblement la composition, comme l'ont établi les savants précédents, il n'en est pas de même pour les fruits dont l'atmosphère interne est beaucoup plus développée. Il faudrait donc avant chaque prise de gaz, effectuer un brassage avec l'appareil qui sert à prélever les échantillons, pour amener le mélange de l'air

contenu dans les fruits avec l'air confiné qui les entoure. Mais l'épaisseur considérable des fruits, les faibles dimensions de leurs méats intercellulaires, font que ce mélange est impossible à réaliser d'une façon parfaite. Aussi avons-nous dû tourner la difficulté de la façon suivante :

Supposons que nous venions d'effectuer, sans brassage mécanique préalable, l'analyse (A) de l'air confiné après un certain temps de respiration du fruit. Nous renouvelons cet air et en effectuons ensuite l'analyse (B), le tout assez rapidement pour que, pendant ce court intervalle de temps, les gaz internes du fruit n'aient pas pu diffuser sensiblement à l'extérieur. Le fruit est alors remis à l'étuve. Au bout d'un temps de respiration tel que la composition de l'air confiné soit redevenue à peu près ce qu'elle était lors de l'analyse A, nous effectuons une troisième analyse (C). A ce moment la composition des gaz contenus dans le fruit est sensiblement la même qu'au moment de l'analyse A et par suite de l'analyse B, c'est-à-dire qu'au début de la nouvelle expérience. Nous pouvons donc admettre que les volumes de gaz carbonique dégagé et d'oxygène absorbé indiqués par la comparaison des analyses C et B sont bien ceux qui résultent de la respiration du fruit dans l'intervalle de temps compris entre ces deux analyses.

Cette façon d'opérer présente les avantages suivants :

1° Les opérations sont beaucoup simplifiées ;

2° Nous n'avons pas, dans la détermination des échanges gazeux qui se produisent entre les fruits et l'atmosphère confinée, à tenir compte des gaz contenus dans les méats intercellulaires et dissous dans le suc des fruits, puisque leurs volumes sont les mêmes au début et à la fin de l'expérience. Nous évitons donc de ce chef une grande incertitude sur l'évaluation de ces volumes, évaluation que nous serions obligé de faire, si nous employions le brassage mécanique.

Détermination et dosage des acides. — Les acides contenus dans les fruits peuvent être divisés en deux groupes : 1° acides volatils; 2° acides fixes.

Pour la détermination qualitative et quantitative des acides volatils, nous avons employé la méthode des distillations fractionnées de M. Duclaux. Nous donnerons un exemple de cette détermination lors de l'étude des acides volatils contenus dans les *kakis* et les *melons ananas*. Les principaux acides fixes rencontrés dans les fruits que nous avons étudiés sont les acides citrique, tartrique et malique. Leur recherche qualitative a été faite d'après la méthode que nous avons établie en collaboration avec M. Berg dans notre étude sur les acides des Mésembryanthémées (1). La détermination quantitative a été faite par titrage alcalimétrique.

Dosage de l'amidon. — Nous avons utilisé pour ce dosage la propriété que possède l'amidon d'être transformé, quand on le traite à 100 degrés par l'acide sulfurique dilué, en glucose que l'on peut ensuite doser au moyen de la liqueur de Fehling. Pour éviter que, pendant cette action de l'acide sulfurique dilué, les matières sucrées contenues dans les fruits subissent une altération partielle, nous nous sommes préalablement débarrassé de celles-ci en employant le procédé indiqué par M. Lindet (2) et qui consiste à opérer un lavage prolongé sur filtre du fruit réduit en pulpe. Afin d'empêcher toute intervention microbienne qui détruirait l'amidon, on ajoute à l'eau qui sert au lavage une faible proportion d'essence de moutarde.

Dosage des sucres. — Les fruits contiennent des sucres directement réducteurs et des sucres qui deviennent réducteurs seulement après interversion. Nous avons dosé les uns et les autres au moyen de la liqueur de Fehling. Le fruit est réduit en pulpe. Celle-ci est exprimée, puis traitée à plusieurs reprises avec de l'eau de façon à extraire la totalité des matières sucrées. Le liquide ainsi obtenu est, après neutralisation, déféqué par le sous-acétate de plomb pour éliminer les

(1) A. Berg et C. Gerber, *Sur la recherche des acides organiques dans quelques Mésembryanthémées* (Revue générale de botanique, t. VIII, p. 295, 1896).

(2) Lindet, *Recherches sur le développement et la maturation de la pomme à cidre* (Annales agronomiques, t. XX, p. 9, 1894).

acides organiques et principalement les tannins qui fausseraient les résultats. On dilue ensuite le liquide de manière à obtenir une solution dont la teneur en sucre réducteur soit voisine de 0gr,50 p. 100. On détermine alors la quantité de cette solution qui est nécessaire pour réduire 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling. Cette détermination donne la quantité de sucres réducteurs. Dans une partie du liquide non encore déféqué, on intervertit les sucres non réducteurs en chauffant le liquide additionné de 3 p. 100 d'acide sulfurique dans une fiole placée au bain-marie bouillant pendant vingt minutes. De cette façon, non seulement on intervertit le saccharose, mais on hydrate aussi le maltose et les glucosides qui peuvent exister dans certains fruits. On neutralise ensuite l'acide sulfurique par la soude, on défèque et, par une addition d'eau convenable, on amène la solution à contenir environ 0gr,50 p. 100 de sucre réducteur. Un nouveau titrage à l'aide de la liqueur de Fehling donne, par différence avec le premier, la quantité de sucres non réducteurs exprimée en glucose.

Comme le terme de la réduction est parfois difficile à saisir, nous nous sommes servi d'un réactif indicateur de la fin de la réaction. Tant que la réduction n'est pas complète, le liquide surnageant le précipité d'oxydule de cuivre, filtré rapidement et acidifié par l'acide acétique, donne par addition de ferrocyanure de potassium une coloration rouge de ferrocyanure de cuivre.

I. — Recherches sur la maturation des fruits charnus sucrés contenant des acides.

A. — Maturation des pommes.

1° *De la respiration des pommes aux diverses phases de leur développement et de leur maturation sur l'arbre.* — Plaçons, dans une atmosphère confinée, aux températures de 31° et de 33°, des pommes reinettes grises et des pommes

reinettes du Canada, cueillies à diverses époques de leur développement (1) ; renouvelons, aussi souvent qu'il sera nécessaire, cette atmosphère, de façon que la quantité d'oxygène restant soit toujours supérieure à la moitié de celle qui existe normalement dans l'air, après avoir eu soin de doser chaque fois l'oxygène absorbé et le gaz carbonique dégagé ; déterminons le rapport entre ces deux quantités. Nous pourrons grouper les résultats obtenus en dix tableaux formant deux séries ; la première, relative aux pommes reinettes grises, comprend les tableaux 1 à 4 ; la seconde, formée des six derniers, concerne les pommes reinettes du Canada.

Considérons dans ces tableaux : *a*, les quotients respiratoires ; *b*, la quantité d'oxygène absorbé et de gaz carbonique dégagé par un kilogramme de pommes en une heure.

a. *Quotients respiratoires.* — On voit que quelle que soit l'époque où les fruits ont été détachés de l'arbre, le quotient est d'abord supérieur à l'unité ; puis il diminue, devient inférieur à l'unité, pour rester ainsi pendant toute la durée de l'expérience. Le quotient atteint sa valeur maxima presque dès le début de l'expérience dans les petites pommes et seulement au bout d'un certain temps, toujours assez court, dans les pommes plus grosses ; ce temps est d'autant plus long que les pommes ont un diamètre plus considérable.

Si l'on considère que la chaleur met un temps d'autant plus grand à gagner le centre d'une pomme que celle-ci est plus épaisse, on est porté à admettre que le quotient maximum ne peut être atteint qu'au bout de ce temps, et à attribuer uniquement à la chaleur la production d'une quantité de gaz carbonique supérieure à la quantité d'oxygène absorbé.

Mais, déjà, les travaux de MM. Bonnier et Mangin nous mettent en garde contre cette hypothèse qui se présente

(1) Ces pommes ont été récoltées à l'altitude de 730 mètres.

tout d'abord à l'esprit, puisque ces savants ont établi que la température n'a aucune influence sur le quotient respiratoire des organes des plantes en voie de croissance. Les données du tableau 10 contredisent également cette hypothèse. En effet, la pomme dont il s'agit ici étant placée d'abord à 33°, puis à 18°, on remarque qu'à cette dernière température, son quotient respiratoire, supérieur à l'unité, est le même qu'à 33°, et qu'il offre dans la suite la même série de variations que celles des tableaux précédents, c'est-à-dire diminue, pour devenir inférieur à l'unité. Mais, si les résultats inscrits dans les premières lignes du tableau nous autorisent à mettre en doute l'influence exclusive de la chaleur sur l'augmentation du quotient respiratoire, ceux des dernières lignes ne peuvent s'expliquer qu'en attribuant à la chaleur une certaine action. En effet, la pomme qui, depuis un mois et demi, offrait à 18° un quotient inférieur à l'unité, soumise alors de nouveau à la température de 33° donne de suite un quotient supérieur à cette valeur : de 0,93 il monte à 1,39. D'ailleurs, il suffit d'abaisser suffisamment la température des pommes reinettes du Canada pour obtenir un quotient plus faible que l'unité. C'est ainsi que le tableau n° 11 montre qu'une pomme qui, à 30° avait fourni les quotients 1,15 et 1,12, accuse à 0° le quotient 0,88.

Ces pommes du Canada dont l'étude nous a fourni des arguments alternativement favorables et défavorables à l'idée de l'influence de la chaleur sur la respiration, vont encore, mais en sens inverse, fournir des résultats également contradictoires. Examinons en effet le tableau 9. Nous voyons que le 8 octobre, à une température de 33°, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est égal à 1,14, et le 23 décembre, à 18°, il devient égal à 0,87. Ici on peut croire que l'influence de la température est très nette ; cependant le 20 décembre, date bien plus rapprochée du 23, à 33°, ce quotient est 0,91 ; il est donc inférieur à l'unité et sensiblement égal à celui observé à 18° ; donc, dans ce cas, la température n'exerce

aucune influence sur le quotient respiratoire. Si, après les pommes du Canada, nous considérons les pommes reinettes grises, nous trouvons encore les mêmes contradictions. Le tableau 4, qui est pour les pommes grises ce que le tableau 10 est pour les pommes du Canada, nous autorise à admettre une influence directe de la température sur le rapport $\frac{CO^2}{O}$, car celui-ci qui, le 9 octobre, à 33°, était 1,66, devient le 15 octobre, à 18°, 0,92, et reste jusqu'à la fin de l'expérience inférieur à l'unité. Cette influence est encore mise en évidence par les expériences consignées au tableau 12, où nous voyons qu'une pomme reinette grise qui, le 5 juillet, à 30°, avait présenté le rapport $\frac{CO^2}{O} = 1,30$, offre, le 4 et le 9 juillet, à 0°, les quotients 0,86 et 0,91, et le 10 juillet, à 18°, le rapport 0,99. Mais examinons maintenant le tableau 3; il nous indique que le 30 octobre, à 33°, et le 31 octobre, à 38°, la pomme mise en expérience offre le même quotient respiratoire 0,96 inférieur à l'unité. Bien plus, en comparant le quotient 1,60 donné le 9 octobre par cette pomme à 33°, au rapport 0,96 qu'elle fournit le 31 octobre à 38°, on serait en droit de conclure que la température diminue le quotient respiratoire, tandis que le tableau 11 relatif aux pommes du Canada, en nous présentant le 19 août, à 30°, $\frac{CO^2}{O} = 1,05$ et, le 20 août, à 38°, $\frac{CO^2}{O} = 1,29$, démontre que l'augmentation du quotient respiratoire est corrélative de celle de la température.

Tous ces faits, remarquables par leur opposition, nous amènent à émettre l'opinion suivante :

Le quotient respiratoire des pommes, à partir d'une certaine température est, pendant un certain temps, supérieur à l'unité; en d'autres termes : *La chaleur, dans certains cas, augmente le quotient respiratoire des pommes; tandis que dans d'autres, elle n'exerce aucune action sur ce quotient.*

Le défaut de constance dans son action nous conduit à penser que la chaleur influe, non pas directement sur le quotient respiratoire, mais indirectement, en déterminant des réactions chimiques particulières aux dépens de certains principes ; ces réactions, qui ne se produisent qu'à partir d'une température déterminée, dégageraient du gaz carbonique sans absorption d'oxygène ou avec absorption d'une quantité moindre de ce gaz. La première supposition est peu plausible, car nous aurions affaire vraisemblablement à une fermentation, et il faudrait constater : 1° la présence d'alcool que nous n'avons jamais pu déceler ; 2° une destruction du sucre, tandis qu'au contraire on observe une augmentation de cette substance. Nous devons donc principalement envisager l'hypothèse de l'oxydation d'un principe particulier, oxydation qui ne se produirait qu'à partir d'une certaine température. Ce principe s'oxydant plus rapidement que les sucres, disparaît ; à partir de ce moment, nous retombons dans le cas des plantes chez lesquelles les substances sucrées constituent l'élément respiratoire principal, c'est-à-dire dans le cas des plantes ordinaires où la température n'a plus aucune influence sur le quotient respiratoire, d'après les recherches de MM. Bonnier et Mangin. Il n'est pas bien difficile d'expliquer, d'après cette hypothèse, pourquoi une pomme, portée à 30° ou à 33°, ne présente le quotient respiratoire maximum qu'au bout d'un temps qui est d'autant plus long que cette pomme est plus grosse. Il suffit d'admettre que non seulement il faut un certain temps à la chaleur pour se propager jusqu'au centre, mais encore que le centre d'une pomme possède le principe en question en plus grande abondance que la périphérie (nous verrons plus tard qu'il en est ainsi). Au début, la chaleur faisant sentir son action sur un tissu qui n'offre qu'une faible proportion de ce principe n'augmentera que très peu le quotient respiratoire, tandis que plus tard, lorsqu'elle aura atteint la région centrale, elle déterminera l'oxydation du principe plus abondant dans cette région ; il s'ensuivra une augmen-

tation considérable du quotient respiratoire qui deviendra supérieur à l'unité.

Ainsi, à 30°, le quotient respiratoire observé résulterait de la superposition des quotients respiratoires du sucre et du principe, alors qu'à une température suffisamment basse, le quotient représenterait principalement celui du sucre. S'il en est réellement ainsi, lorsque après avoir déterminé le quotient respiratoire d'une pomme, à 30°, on l'abandonne, pendant un certain temps, à une température très basse, le sucre sera brûlé en beaucoup plus forte proportion que le principe, et le rapport entre celui-ci et le sucre augmentera; il en résulte qu'en portant de nouveau la pomme à 30°, le quotient devra être supérieur au premier; c'est ce que l'expérience confirme. Le tableau 12 nous montre qu'une pomme qui, le 3 juillet, à 30°, donnait $\frac{CO^2}{O} = 1,30$, puis, le 4 et le 9 juillet, à 0°, $\frac{CO^2}{O} = 0,86$ et 0,91, présente, le 9 juillet, à 30°, le rapport $\frac{CO^2}{O} = 1,43$.

Réciproquement : si, après avoir pris, à 30°, le quotient d'une pomme, on porte celle-ci à 38°, l'oxydation de la substance particulière devra être plus rapide, et si on place de nouveau la pomme à 30°, le quotient obtenu devra être inférieur au premier quotient observé à 30°, sauf à reprendre ensuite la première valeur quand l'excès de sucre aura été comburé. C'est ce qui se produit, comme on peut le constater par l'inspection du tableau 12. Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ qui, le 13 août, à 30°, était 1,14, et, le 19 août, à 17°, 1,05, devient les 20 et 21 août, à 38°, 1,29, puis, à 30°, le 23 août, 1,06, et enfin, le 25 août, à la même température, 1,18.

Quelle est la substance chimique dont l'oxydation déterminerait l'augmentation du quotient respiratoire avec la température? Nous trouvons dans les pommes : de l'amidon, du tannin, des acides, des sucres, etc., nous devons recher-

cher cette substance parmi les corps dont la proportion diminue au cours de la maturation sur l'arbre et, parallèlement avec le quotient respiratoire, lors de la maturation après séparation de l'arbre, en atmosphère confinée. Il convient donc de rechercher les modifications chimiques qui se produisent dans les pommes dont nous venons de comparer les quotients et dont nous allons étudier l'intensité respiratoire.

b. *Intensité respiratoire et composition chimique des pommes.* — Si nous comparons les quantités d'oxygène absorbé ainsi que de gaz carbonique dégagé par un kilogramme de pommes dans l'espace d'une heure au moment où, ayant été placées dans une atmosphère confinée, à 30°, elles fournissent le maximum du quotient respiratoire, nous sommes frappé par la diminution considérable de l'intensité respiratoire de ces fruits, avec les progrès de l'âge. Les pommes du Canada, en effet, le 18 juin (tableau 5) dégagent 119^{cc},80 de gaz carbonique et absorbent 109^{cc},90 d'oxygène, tandis que le 31 août (tableau 8), les chiffres correspondants ne sont plus que CO^2 : 19,95 et O : 16,87.

Pour les pommes reinettes grises, les différences sont de même ordre; ainsi, on note le 4 juillet (tableau 1) CO^2 : 104^{cc},80, O : 85,91, et le 31 août, c'est-à-dire, moins de deux mois après (tableau 2) CO^2 : 19,25, O : 16,55. Le 2 octobre, bien que les pommes mises en expérience soient à la température de 33°, les différences constatées avec les pommes à 30° de juillet sont voisines des précédentes, et cela pour les deux variétés de pommes.

Étudions maintenant les résultats des analyses effectuées, après avoir déterminé le quotient maximum, sur des pommes cueillies aux mêmes époques que les précédentes, et rapportons les résultats à un kilogramme de fruit.

On trouve que les acides sont les seules substances dont la quantité diminue constamment depuis le 3 juillet jusqu'au 2 octobre. C'est ainsi que dans les pommes grises la quantité d'acides, qui le 4 juillet (tableau 1) était 20^{gr},90,

tombe le 29 août (tableau 2) à 7gr,27, alors que le poids de l'amidon s'élève de 23 grammes à 46 grammes et celui de la matière sucrée de 48gr,02 à 73gr,71. Il en est de même pour les pommes du Canada : le 3 juillet (tableau 6) on constate 13gr,94 d'acides et, le 31 août, seulement 9gr,80, tandis que la quantité d'amidon s'élève dans le même temps de 32 grammes à 85 grammes et celle des substances sucrées de 27gr,85 à 95gr,45. Or c'est pendant cette période que se produit l'abaissement considérable de l'intensité respiratoire qui diminue des 4/5 de sa valeur primitive. Allons-nous, pour cela, affirmer que l'acide malique des pommes est le principe qui se trouve oxydé pendant la maturation des fruits sur l'arbre, l'amidon et le sucre constituant dans ce cas des produits de réserve difficilement utilisables? On serait tenté de le faire, d'autant plus que pendant la seconde période, allant du 29 août au 2 octobre, pendant laquelle l'intensité respiratoire diminue très peu, la proportion des acides ne subit que de légères variations; celle de l'amidon, au contraire, diminue considérablement et la quantité des sucres s'élève davantage.

En fondant cette opinion sur la diminution de la proportion d'acides pour un kilogramme de fruit, pendant la maturation sur l'arbre, nous commettrions une grave faute, comme presque tous les auteurs qui ont suivi les variations des acides pendant la maturation. Cette faute explique la discordance que l'on remarque entre les résultats relatifs à cette variation des acides donnés par divers auteurs depuis Bérard jusqu'à Saintpierre et Magnien. Les uns en effet évaluent, comme nous l'avons fait, la quantité d'acide par rapport à 100 grammes ou à 1000 grammes de fruit, tandis que les autres calculent le poids d'acide contenu dans le fruit, en considérant celui-ci, quel que soit son poids, comme une unité. Si nous opérons sur les pommes précédentes de cette dernière façon, nous trouvons que les pommes grises contiennent le 3 juillet 2gr,75 et le 29 août 4gr,10 d'acides; dans les pommes du Canada, nous rencontrons le 3 juillet 3gr,76 et le

29 août, 10^{gr},25 de ces acides ; nous devrions donc émettre des conclusions exactement opposées à celles que nous étions tenté de formuler tout à l'heure au sujet de ces mêmes pommes et dire : Les acides augmentent avec la maturation, tandis que l'intensité respiratoire diminue.

Cherchons à expliquer ces contradictions qui ont si souvent divisé les auteurs. Les pommes augmentent considérablement de poids pendant leur développement, et cela presque complètement par migration de substances de l'arbre dans le fruit. Si cet apport offre une composition constante, s'il est formé de sucres, d'amidon, d'acides et d'eau dans les proportions où ces composés existent dans les fruits, le 3 juillet, la diminution de la quantité d'acides par kilogramme de fruits, que nous avons constatée, nous autorisera à penser qu'il y a eu combustion des acides dans le fruit; si l'arbre n'a fourni que des hydrates de carbone et de l'eau, la diminution précédente sera due à une dilution et on commettrait une erreur en croyant qu'il y a eu destruction des acides; il ne faudra tenir compte que de la quantité de ceux-ci contenue dans la pomme considérée en tant qu'unité, et comme nous avons trouvé une augmentation de cette quantité, on devra dire qu'il y a eu, non pas destruction, mais formation d'acides. L'impossibilité où nous sommes de déterminer la composition de la sève fournie par l'arbre, ne nous permet pas de décider laquelle des deux méthodes d'évaluation des acides nous devrions adopter ; il en résulte que : *La maturation sur l'arbre est incapable de nous renseigner sur les rapports reliant l'intensité respiratoire au quotient et aux modifications chimiques dont le fruit est le siège.*

Nous ne pouvions pas cependant négliger son étude ; mais on doit y joindre celle de la maturation après sa séparation de l'arbre, dans une atmosphère confinée. En effet, nous pouvons connaître très approximativement la composition chimique du fruit, au moment de sa séparation de l'arbre, en analysant un fruit qui présentera des caractères physi-

TABLEAU 1.

RESPIRATION A 30° D'UNE POMME REINETTE GRISE JEUNE CUEILLIE LE 2 JUILLET ET PESANT 14 GRAMMES.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
3 juillet......	30°	14,58	117,70	106,00	1,11	15 juillet......	30°	40,67	37,90	38,28	0,99
4 —	30°	18,66	104,80	85,91	1,22	16 —	30°	22,17	35,53	37,79	0,94
5 —	30°	19,00	91,64	75,73	1,21	18 —	30°	47,33	28,32	30,45	0,93
6 —	30°	20,23	81,73	68,11	1,20	20 —	30°	38,33	26,63	30,26	0,88
7 —	30°	20,00	68,36	61,03	1,12	22 —	30°	45,58	25,27	29,04	0,87
8 —	30°	20,93	65,47	60,62	1,08	24 —	30°	39,50	26,29	31,68	0,83
9 —	30°	18,66	59,94	54,01	1,11	26 —	30°	40,66	24,99	28,72	0,87
10 —	30°	23,83	51,98	47,69	1,09	28 —	30°	41,50	25,27	29,38	0,86
11 —	30°	19,43	48,33	46,92	1,03	30 —	30°	44,17	22,39	26,04	0,86
13 —	30°	40,25	40,19	41,01	0,98						

Composition chimique de cette pomme au 30 juillet.

Acide malique........ 4gr,154 Sucres réducteurs (en glucose). 49gr,82 Totalité des sucres (en glucose). 56gr,06
Amidon.................. 10gr,82

Composition chimique d'une pomme de même poids et de même maturation que la précédente, cueillie le même jour et analysée le 4 juillet.

Acide malique........ 20gr,90 Sucres réducteurs (en glucose). 26gr,62 Totalité des sucres (en glucose). 48gr,62
Amidon.................... 23 gr.

TABLEAU 2.

RESPIRATION A 30° ET A 33° D'UNE POMME REINETTE GRISE CUEILLIE LE 25 AOUT ET PESANT 49gr,95 AU DÉBUT DE L'EXPÉRIENCE ET 47gr,37 A LA FIN.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
26 août........	30°	17,50	27.10	27,30	0,99	13 septembre..	33°	70,83	13,49	12,27	1,10
27 —	30°	29,75	24,55	21,16	1,16	17 — ..	33°	92,17	13,37	12,26	1,09
29 —	30°	38,66	21,14	18,22	1,16	21 — ..	33°	91,50	11,75	11,75	1,00
31 —	30°	46,43	19,25	16,55	1,19	25 — ..	33°	91,83	8,55	9,29	0,92
2 septembre..	30°	46,07	17,44	14,66	1,19	1er octobre...	33°	135,50	7,30	7,77	0,94
4 — ..	30°	46,17	14,36	12,60	1,14	8 — ...	33°	157,66	8,42	8,26	0,98
7 — ..	31°	67,57	14,99	12,70	1,18	15 — ...	33°	168,17	7,28	7,67	0,95
10 — ..	33°	74,17	19,22	15,76	1,22	21 — ...	33°	146,17	7,25	7,79	0,93

Composition chimique de cette pomme au 21 octobre.

Acide malique.............. 1gr,50

Composition chimique d'une pomme de même poids et de même maturation que la précédente, cueillie le même jour et analysée le 29 août.

Acide malique........ 7gr,272 Sucres réducteurs (en glucose). 61gr,57 Totalité des sucres (en glucose). 73gr,61
Amidon (en glucose)........ 46 gr.

TABLEAU 3.

RESPIRATION A 33° D'UNE POMME REINETTE GRISE CUEILLIE LE 2 OCTOBRE ET PESANT 77gr,60.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
5 octobre.....	33°	30,00	27,21	25,20	1,08	30 octobre.....	33°	63,82	13,65	14,20	0,96
7 —	33°	43,58	34,80	25,03	1,39	31 —	33°	30,18	20,69	21,55	0,96
9 —	33°	40,33	39,36	24,60	1,60	2 novembre...	33°	47,33	15,37	16,89	0,91
10 —	33°	30,82	35,17	24,60	1,43	4 — ...	33°	48,42	15,13	16,09	0,94
12 —	33°	39,92	22,39	19,47	1,15	7 — ...	33°	62,92	14,31	15,55	0,92
14 —	33°	46,25	23,24	20,39	1,14	9 — ...	33°	54,50	15,73	17,29	0,91
16 —	33°	48,50	20,16	18,00	1,12	12 — ...	33°	61,33	13,93	15,31	0,91
18 —	33°	57,42	18,33	16,56	1,11	14 — ...	33°	55,82	15,48	17,01	0,91
21 —	33°	67,25	15,66	15,98	0,98	17 — ...	33°	64,42	15,02	15,81	0,95
24 —	33°	70,25	14,99	15,30	0,98	19 — ...	33°	54,58	15,66	17,05	0,92
27 —	33°	71,25	13,67	14,39	0,95	23 — ...	33°	56,42	15,73	17,67	0,89

Composition chimique de cette pomme au 23 novembre.

Acide malique......... 1gr,65 Sucres réducteurs (en glucose). 110 gr. Totalité des sucres (en glucose). 125gr,40
Amidon (en glucose)......... 1 gr.

Composition chimique d'une pomme de même poids et de même maturation que la précédente, cueillie le même jour et analysée le 6 octobre.

Acide malique........ 9gr,285 Sucres réducteurs (en glucose). 53gr,82 Totalité des sucres (en glucose). 90gr,65
Amidon (en glucose)....... 43 gr.

Composition chimique d'une pomme de même poids et de même maturation que la première, cueillie le même jour et analysée le 20 octobre.

Acide malique........ 1gr,89 Sucres réducteurs (en glucose). 78gr,60 Totalité des sucres (en glucose). 115gr,70
Amidon (en glucose)........ 25 gr.

TABLEAU 4.

RESPIRATION A 18° D'UNE POMME REINETTE GRISE CUEILLIE LE 2 OCTOBRE ET PESANT 106gr,37.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO_2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO_2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO_2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO_2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
4 octobre.....	33°	47,66	20,25	20,00	1,01	1er novembre..	18°	69,75	10,23	10,45	0,98
6 —	33°	42,17	28,35	21,00	1,35	4 — ..	18°	69,66	10,21	10,63	0,96
8 —	33°	39,42	34,64	20,50	1,69	7 — ..	18°	69,00	11,28	11,28	1,00
9 —	33°	26,18	31,80	19,15	1,66	10 — ..	18°	73,08	10,32	10,32	1,00
12 —	18°	70,92	8,49	8,24	1,03	13 — ..	18°	70,33	10,56	10,77	0,98
15 —	18°	69,92	7,92	8,61	0,92	16 — ..	18°	72,58	9,33	9,89	0,94
19 —	18°	88,00	9,89	10,63	0,93	19 — ..	18°	70,50	9,73	10,24	0,95
22 —	18°	77,25	10,08	10,66	0,99	22 — ..	18°	70,50	9,98	10,24	0,96
26 —	18°	85,82	9,48	9,98	0,95	25 — ..	18°	69,58	9,15	10,05	0,91
29 —	18°	75,75	9,88	10,29	0,96						

Composition chimique de cette pomme le 25 novembre.

Acide malique....... 3gr,547 Sucres réducteurs (en glucose). 127gr,30 Totalité des sucres (en glucose). 139gr,60

Amidon (en glucose)......... 5 gr.

TABLEAU 5.

RESPIRATION A 30° D'UNE POMME DU CANADA JEUNE CUEILLIE LE 15 JUIN ET PESANT 17gr,20.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
17 juin......	30°	24,75	122,80	129,30	0,95	28 juin........	30°	43,25	80,33	82,81	0,97
18 —	30°	21,92	119,80	109,90	1,09	30 —	30°	47,33	70,10	73,80	0,95
19 —	30°	27,00	96,96	91,47	1,06	2 juillet......	30°	47,66	63,60	68,38	0,93
21 —	30°	37,18	43,71	45,53	0,96	4 —	30°	38,50	69,57	74,81	0,93
22 —	30°	24,50	98,10	90,00	1,09	5 —	30°	21,00	106,90	108,00	0,99
24 —	30°	36,33	94,28	85,71	1,10	6 —	30°	24,20	107,40	108,50	0,99
26 —	30°	38,00	82,54	81,72	1,01						

TABLEAU 6.

RESPIRATION A 30° D'UNE POMME DU CANADA JEUNE CUEILLIE LE 2 JUILLET ET PESANT 26 GR.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
3 juillet......	30°	15,00	54,00	60,00	0,90	15 juillet......	30°	22,18	52,05	57,83	0,90
4 —	30°	21,58	63,85	59,68	1,07	16 —	30°	21,00	46,16	51,28	0,90
5 —	30°	19,18	62,68	58,58	1,07	17 —	30°	17,75	43,98	47,30	0,93
6 —	30°	20,75	61,08	58,18	1,05	21 —	30°	24,58	51,14	57,46	0,89
7 —	30°	20,58	55,95	54,32	1,03	22 —	30°	21,08	59,04	60,24	0,98
8 —	30°	21,25	58,73	58,15	1,01	23 —	30°	25,25	52,72	57,94	0,91
9 —	30°	18,33	56,21	58,55	0,96	24 —	30°	18,10	57,43	63,11	0,91
10 —	30°	24,08	29,93	30,86	0,97	25 —	30°	19,66	54,77	59,53	0,92
11 —	30°	19,75	30,70	31,60	0,97	26 —	30°	19,66	54,95	61,05	0,90
12 —	30°	20,00	54,44	52,86	1,03	29 —	30°	20,00	45,42	51,62	0,88
13 —	30°	20,75	54,00	52,40	1,03	30 —	30°	19,00	45,90	51,00	0,90
14 —	30°	20,08	63,43	71,30	0,89	31 —	30°	24,42	53,88	61,12	0,83

Péricarpe à section couleur rouille, saveur sucrée, un peu amère, non acide.

Composition chimique d'une pomme de même poids et de même maturation cueillie le 2 juillet et analysée le 4.

Acide malique.......... 13gr,94 Sucres réducteurs (en glucose). 23gr,31 Total des sucres (en glucose). 27gr,85

TABLEAU 7.

RESPIRATION A DIVERSES TEMPÉRATURES D'UNE POMME DU CANADA CUEILLIE LE 1er AOUT ET PESANT 93gr,90.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
2 août........	30°	17,18	33,76	33,76	1,00	20 août........	38°	23,00	28,65	22,72	1,29
3 —	30°	19,66	31,59	29,25	1,08	21 —	38°	23,25	31,75	24,58	1,29
4 —	30°	9,00	34,20	27,58	1,24	23 —	30°	41,08	15,16	14,30	1,06
5 —	30°	22,82	24,27	21,10	1,15	25 —	30°	45,50	12,32	10,43	1,18
6 —	30°	24,00	19,17	17,06	1,12	28 —	30°	59,75	8,13	7,26	1,12
11 —	30°	108,75	2,05	2,33	0,88	3 septembre..	30°	132,08	8,47	7,92	1,07
13 —	30°	38,58	19,90	17,45	1,14	9 — ..	30°	142,75	8,00	7,62	1,05
19 —	18°	152,18	4,62	4,40	1,05	14 — ..	30°	114,82	7,01	7,20	0,97

TABLEAU 8.

RESPIRATION A 30° ET A 33° D'UNE POMME DU CANADA CUEILLIE LE 25 AOUT ET PESANT 135gr,25.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
26 août........	30°	26,00	32,60	34,68	0,94	21 octobre.....	33°	92,75	7,36	8,01	0,92
27 —	30°	24,82	18,62	18,07	1,03	25 —	33°	89,66	6,80	7,90	0,86
29 —	30°	45,66	18,93	17,86	1,06	29 —	33°	94,92	6,18	6,79	0,91
31 —	30°	46,75	19,91	16,87	1,18	2 novembre...	33°	101,66	6,34	6,90	0,92
2 septembre..	30°	48,25	16,91	14,45	1,17	7 — ...	33°	111,75	6,39	6,95	0,92
4 — ..	30°	46,50	16,27	13,79	1,18	12 — ...	33°	116,92	4,97	5,65	0,88
7 — ..	30°	60,00	10,41	8,97	1,16	La face inférieure de la pomme brunit.					
11 — ..	30°	94,33	7,42	6,34	1,17	17 — ...	33°	128,75	7,48	8,60	0,87
17 — ..	30°	118,08	8,78	7,70	1,14	25 — ...	33°	97,08	9,47	10,07	0,94
22 — ..	30°	112,66	7,60	7,40	1,03	1er décembre..	33°	149,82	5,39	5,92	0,91
26 — ..	30°	93,66	7,13	7,35	0,97	7 — ..	33°	139,00	6,99	7,52	0,93
1er octobre...	33°	113,25	15,70	16,00	0,98	12 — ..	33°	123,00	9,70	10,01	0,97
5 — ...	33°	89,42	14,53	15,60	0,92	16 — ..	33°	97,18	12,16	12,40	0,98
9 — ...	33°	90,82	10,01	10,32	0,97	20 — ..	33°	85,66	10,01	10,30	0,98
13 — ...	33°	92,50	8,18	8,89	0,92	23 — ..	33°	79,18	14,81	14,96	0,99
17 — ...	33°	96,66	7,89	8,48	0,93	Chair spongieuse, moitié inférieure couleur rouille, le reste blanc.					

Composition chimique de cette pomme au 23 décembre.

Acide malique......... 0gr,93   Sucres réducteurs (en glucose). 88gr,71   Totalité des sucres (en glucose). 90gr,07

Composition chimique d'une pomme de même poids et de même maturation que la précédente, cueillie le même jour et analysée le 31 août.

Acide malique......... 9gr,80   Sucres réducteurs (en glucose). 70gr,98   Totalité des sucres (en glucose). 95gr,45

RESPIRATION D'UNE POMME DU CANADA CUEILLIE LE 2 OCTOBRE ET PESANT 139gr,30.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
5 octobre.....	33°	23,58	30,94	32,22	0,96	7 novembre...	34°	46,33	12,99	13,12	0,99
6 —	33°	23,18	27,14	26,61	1,02	9 — ...	34°,5	46,18	13,85	13,85	1,00
7 —	33°	22,00	29,36	25,98	1,13	11 — ...	34°	48,18	13,52	13,38	1,01
8 —	33°	24,75	28,33	24,85	1,14	13 — ...	33°	45,92	12,23	12,61	0,97
10 —	33°	36,08	22,99	20,52	1,12	15 — ..	33°	48,66	13,16	13,43	0,98
11 —	33°	30,33	22,73	20,12	1,13	17 — ...	33°	50,75	12,25	12,50	0,98
12 —	33°	26,92	22,35	19,96	1,12	20 — ...	33°	50,78	11,70	12,65	0,93
13 —	33°	23,66	23,55	21,03	1,12	23 — ...	34°	46,18	12,23	13,90	0,88
15 —	33°	36,82	19,23	17,81	1,08	25 — ...	34°	45,58	11,71	12,87	0,91
16 —	33°	33,75	19,39	17,32	1,12	27 — ..	32°	44,25	10,45	11,49	0,91
18 —	33°	38,33	17,85	16,84	1,06	29 — ...	33°	47,18	10,72	11,77	0,91
19 —	33°	34,82	16,51	15,43	1,07	3 décembre...	33°	49,38	11,37	11,60	0,98
21 —	33°	43,50	15,94	15,47	1,03	5 — ..	33°	47,50	10,12	11,37	0,89
23 —	33°	40,58	19,78	17,84	1,12	7 — ..	33°	44,58	9,94	11,04	0,90
25 —	33°	47,00	16,39	15,61	1,05	9 — ...	33°	53,08	10,12	11,00	0,92
27 —	33°	47,00	16,35	15,71	1,06	12 — ...	33°	62,50	9,33	10,14	0,92
28 —	33°	33,33	17,04	16,38	1,04	14 — ...	33°	55,58	10,36	11,39	0,91
30 —	33°	37,66	17,18	16,05	1,07	17 — ...	33°	62,50	9,97	10,70	0,93
1er novembre..	33°	47,00	14,61	14,47	1,01	20 — ...	33°	71,66	9,38	10,30	0,91
3 — ..	33°	47,50	12,90	13,57	0,95	23 — ...	18°	71,58	4,58	5,15	0,87
5 — ..	33°	46,75	12,08	12,08	1,00						

Composition chimique de cette pomme au 24 décembre.

Acide malique......... 1gr,04 Sucres réducteurs (en glucose). 122 gr. Totalité des sucres (en glucose). 122 gr.

Composition chimique d'une pomme de même poids et de même maturation que la précédente, cueillie le même jour et analysée le 6 octobre.

Acide malique......... 9gr,20 Sucres réducteurs (en glucose). 58gr,29 Totalité des sucres (en glucose). 99gr,09

TABLEAU 10.

RESPIRATION A 18° D'UNE POMME DU CANADA CUEILLIE LE 2 OCTOBRE ET PESANT 157gr,85 AU DÉBUT DE L'EXPÉRIENCE ET 144gr,75 A LA FIN.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO_2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO_2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
5 octobre.....	33°	23,33	32,47	31,53	1,03	15 novembre...	18°	65,75	10,29	9,99	1,03
6 —	33°	22,92	34,29	31,17	1,10	17 — ...	18°	53,82	9,78	9,59	1,02
7 —	33°	22,88	33,45	28,35	1,18	20 — ...	18°	62,08	8,38	8,55	0,98
10 —	18°	72,00	8,43	8,43	1,00	23 — ...	18°	63,50	8,38	8,38	1,00
13 —	18°	71,82	7,78	7,21	1,08	25 — ...	18°	53,33	8,41	8,33	1,01
16 —	18°	70,58	7,81	7,30	1,07	28 — ...	18°	66,25	8,07	8,49	0,95
19 —	18°	73,82	8,17	7,93	1,03	1er décembre..	18°	69,00	8,42	8,68	0,97
22 —	18°	69,00	7,96	7,24	1,10	4 — ..	18°	69,67	9,67	9,77	0,99
25 —	18°	62,75	7,11	7,11	1,00	7 — ..	18°	71,42	9,19	9,38	0,98
27 —	18°	57,25	9,19	8,27	1,11	10 — ..	18°	67,75	8,30	8,55	0,97
30 —	18°	62,33	10,10	9,35	1,08	15 — ..	18°	66,58	8,39	8,74	0,96
2 novembre...	18°	72,66	8,42	8,60	1,09	17 — ..	18°	56,66	8,23	8,14	1,01
4 — ...	18°	54,50	10,42	9,47	1,10	20 — ..	18°	60,58	7,26	7,81	0,93
6 — ...	18°	45,50	11,31	11,31	1,00	21 — ..	33°	25,00	23,62	17,50	1,35
9 — ...	18°	46,66	12,05	11,48	1,05	22 — ..	33°	30,82	24,84	18,00	1,38
10 — ...	18°	48,18	10,21	9,91	1,03	24 — ..	33°	37,25	20,60	17,31	1,19
12 — ...	18°	44,08	9,88	10,20	0,97						

Composition chimique de cette pomme au 24 décembre.

Acide malique......... 2gr,55 Sucres réducteurs (en glucose). 97gr,04 Totalité des sucres (en glucose). 110gr,3

ques et des phénomènes de respiration identiques; il nous sera facile aussi de déterminer la composition de ce fruit, après qu'il aura mûri un certain temps dans nos appareils, temps pendant lequel nous aurons déterminé plusieurs fois son intensité respiratoire et son quotient.

2° *Respiration des pommes pendant la maturation qu'elles subissent après avoir été cueillies prématurément* (*maturation complémentaire*). — Considérons les résultats consignés au tableau 1 des pommes grises placées à 30°. La quantité du gaz carbonique dégagé et celle de l'oxygène absorbé par la pomme diminuent très rapidement en même temps que le quotient respiratoire; quand ce dernier devient inférieur à l'unité, la diminution de la valeur des échanges gazeux est beaucoup moins rapide; cette intensité tend même à devenir constante. C'est ainsi qu'on relève au tableau le 3 juillet :

$$CO^2 : 117,70; \quad O : 106; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,11$$

le 18 juillet :

$$CO^2 : 28,32; \quad O : 30,46; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,93$$

le 30 juillet :

$$CO^2 : 23,29; \quad O : 26,04; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,86$$

Or, tandis qu'une pomme cueillie au même moment que celle-ci offrait le 3 juillet : acides : 20^{gr},90; amidon : 23 grammes; matière sucrée : 48^{gr},08, celle-là présente le 30 juillet : acides : 4^{gr},154; amidon : 10^{gr},82; matière sucrée : 56^{gr},06.

Les chiffres inscrits au tableau 2 nous conduisent aux mêmes conclusions, que nous pouvons formuler ainsi :

Pendant la maturation complémentaire, l'intensité des échanges gazeux, le quotient respiratoire, les quantités d'acides et d'amidon subissent une diminution parallèle.

Nous devons maintenant rechercher si c'est à la diminution des acides et de l'amidon, ou à la diminution de l'une seulement de ces deux substances qu'il faut attribuer l'abaisse-

ment du quotient respiratoire et de l'intensité des échanges gazeux. A cet effet prenons trois pommes reinettes grises, que nous désignerons, pour faciliter l'exposition, par les lettres *a*, *b*, *c*. Ces pommes, de même poids et présentant les mêmes signes extérieurs de maturité, ont été placées, le 4 octobre, à la température de 33°. Le 9 octobre, leur quotient respiratoire a atteint sa valeur maxima (1,60 à 1,75); c'est ainsi que la respiration de l'une d'elles (*a*) donne le 9 octobre :

$$CO^2 : 39^{cc},36; \quad O : 24^{cc},60; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,60 \text{ (tableau 3)}$$

Pour connaître avec la plus grande approximation possible sa composition chimique, nous analysons une des deux autres (*c*) et nous trouvons :

Acides (exprimés en acide malique) : $9^{gr},28$; amidon : 35 grammes; matière sucrée : $90^{gr},65$. Les deux pommes restantes (*a* et *b*) sont maintenues à 33°. Leur quotient diminue peu à peu et se montre, le 21 octobre, inférieur à l'unité. La respiration de la pomme (*a*) fournit ce jour :

$$CO^2 : 15,66; \quad O : 15,93; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,98$$

tandis que l'analyse de la pomme (*b*) accuse

Acides	$1^{gr},89$
Amidon	25 grammes.
Matière sucrée	$115^{gr},700$

Nous voyons donc que, du 4 au 21 octobre, l'intensité respiratoire et le quotient de la pomme (*a*) diminuent en même temps que les quantités d'acides et d'amidon, résultats que les tableaux 1 et 2 nous avaient déjà permis de constater; mais si nous maintenons la pomme (*a*) restante à 33° jusqu'au 23 novembre, sa respiration fournira à cette dernière date les chiffres :

$$CO^2 : 15,73; \quad O : 17,67; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,89$$

L'analyse nous donnera

Acides	1gr,65
Amidon	1gr
Matières sucrées	125gr,40

La comparaison de ces chiffres avec les chiffres relevés le 21 octobre, nous montre que pendant le dernier mois de la maturation complémentaire à 33°, l'intensité respiratoire de la pomme (*a*) a très peu varié, le quotient est resté inférieur à l'unité, la quantité d'acides est demeurée la même, tandis que celle de l'amidon a beaucoup diminué.

Les variations de la proportion d'amidon ne sont donc pas, à tous les instants de la maturation des pommes, parallèles aux variations des quotients et de l'intensité des échanges gazeux ; ce parallélisme n'existe qu'entre les variations de ces deux dernières données et celles de la quantité d'acides, et nous pouvons penser que :

Les acides sont la cause de l'échange gazeux spécial observé à 30° et à 33° entre les pommes et l'atmosphère, échange caractérisé par son intensité considérable et par son quotient supérieur à l'unité.

Le 4 octobre, nous avons placé, en même temps que les trois pommes précédentes, une quatrième pomme reinette grise, à 33°; aussitôt après avoir accusé le quotient maximum, elle a été mise à 18° et maintenue à cette température depuis le 9 octobre jusqu'au 25 novembre. Pendant cette longue période de temps, nous n'avons constaté ni la décroissance rapide de l'intensité des échanges gazeux que nous avions relevée dans les trois premiers tableaux pour les températures de 30° et 33°, ni l'élévation du quotient au-dessus de l'unité. On en jugera par les deux analyses faites le 19 octobre et le 25 décembre :

$$CO^2 : 9^{cc},89 ; \quad O : 10^{cc},68 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,93 \text{ (tableau 4)}$$

$$CO^2 : 9^{cc},15 ; \quad O : 10^{cc},05 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,91$$

Si le quotient respiratoire et l'intensité des échanges gazeux relevés aux tableaux 1, 2 et 3 sont bien dus à l'oxydation des acides, nous ne pouvons expliquer le mode de respiration de la pomme étudiée actuellement qu'en admettant une diminution de la quantité d'acides beaucoup plus lente que dans les pommes des tableaux 1, 2 et 3 ; elle doit donc encore contenir une notable quantité d'acides : c'est ce que l'analyse confirme, puisqu'elle accuse le 25 novembre : 3gr,547 d'acide malique.

L'étude des échanges gazeux et de la composition chimique des pommes du Canada (Voir tableaux 5 à 10), nous donnerait absolument les mêmes résultats que celle des reinettes grises. Aussi n'insisterions-nous pas davantage si nous ne devions pas signaler un fait nouveau.

L'examen des derniers chiffres des tableaux 5, 6, 8, nous indique que les quantités de gaz carbonique dégagé et d'oxygène absorbé par 1 kilogramme de fruit, dans l'espace d'une heure, après avoir diminué conformément aux règles émises précédemment, augmentent à partir du 2 juillet (tableau 5), du 12 juillet (tableau 6) et du 17 novembre (tableau 8), tandis que le quotient demeure toujours inférieur à l'unité.

En même temps que se produit cette recrudescence du phénomène respiratoire, le péricarpe des fruits, déjà spongieux, devient rouge brun comme la section d'une pomme exposée à l'air ; ces deux phénomènes apparaissent au moment où la faible quantité de tannin contenue dans ces pommes et qui, d'après M. Lindet (1), reste constante au cours de la maturation, disparaît, peut-être sous l'inflence de la diastase oxydante signalée par cet auteur.

Cette augmentation de l'intensité respiratoire, très peu accusée ici, est beaucoup plus intense et plus facile à étudier dans les sorbes et les nèfles, comme nous le verrons plus tard.

(1) Lindet, *loc. cit.*

3° *Variation de la composition chimique des pommes au centre et à la périphérie.* — Au début de cette étude, nous avons supposé que le temps plus ou moins long nécessaire pour permettre à une pomme de développer son quotient maximum était dû à l'inégale répartition d'un principe spécial, au centre et à la périphérie, sans préciser davantage.

Nous pouvons penser actuellement que ce principe est probablement l'acide malique. Pour affermir notre conviction, nous avons dosé les acides et l'amidon dans deux quantités égales de tissu prélevées l'une à 5 millimètres de la périphérie, l'autre à 1 centimètre du centre, dans une même pomme du Canada de 10 centimètres de diamètre, qui avait mis trois jours pour atteindre le quotient maximum.

Nous avons obtenu les rapports

$$\frac{\text{Acidité à la périphérie}}{\text{Acidité au centre}} = \frac{5}{8} \quad \text{et} \quad \frac{\text{Amidon à la périphérie}}{\text{Amidon au centre}} = \frac{9}{7}$$

On rencontre donc une plus petite quantité d'acides et une plus grande quantité d'amidon à la périphérie d'une pomme qu'au centre. — Cette constatation est encore une preuve nouvelle que c'est non pas à l'amidon, mais aux acides qu'il faut attribuer les particularités caractéristiques de la respiration des pommes.

4° *Influence de la température sur la respiration des pommes.* — Il nous est maintenant plus facile d'expliquer les faits contradictoires que nous avons cités dans les premières pages de ce mémoire au sujet de l'influence de la température sur le quotient respiratoire.

Nous allons essayer de démêler les relations qui existent entre l'intensité des échanges gazeux, le quotient respiratoire, la température et la quantité d'acides.

Considérons d'abord les résultats inscrits dans les tableaux 11 et 12 des expériences faites à 0°, 18°, 30° et 38° sur une reinette grise et sur une pomme du Canada.

Le 9 juillet, la reinette grise (tableau 11) donne :

A 0°..................	CO^2 : 6,84;	O : 7,53;	$\frac{CO^2}{O} = 0,91$
A 30°................	CO^2 : 155,50;	O : 108,70;	$\frac{CO^2}{O} = 1,43$
Le 10 juillet, à 18°..	CO^2 : 47,45;	O : 47,93;	$\frac{CO^2}{O} = 0,99$

L'analyse de la pomme, faite immédiatement après la dernière expérience, indique la présence de 13gr,50 d'acide malique.

De même, la pomme du Canada du tableau 12 donne les résultats suivants :

Le 11 août, à 0°.....	CO^2 : 2cc,05;	O : 2cc,33;	$\frac{CO^2}{O} = 0,88$
Le 13 août, à 30°....	CO^2 : 19cc,90;	O : 17cc,45;	$\frac{CO^2}{O} = 1,14$
Le 19 août, à 18°....	CO^2 : 4cc,62;	O : 4cc,40;	$\frac{CO^2}{O} = 1,05$
Le 20 août, à 38°....	CO^2 : 28cc,65;	O : 22cc,72;	$\frac{CO^2}{O} = 1,29$

La proportion d'acide malique révélée par l'analyse de cette pomme est 7 grammes.

Nous voyons donc que les quantités de gaz échangés entre la pomme reinette grise et l'atmosphère deviennent vingt fois plus considérables, alors que le quotient respiratoire s'élève beaucoup au-dessus de l'unité, quand la pomme passe de 0° à 30° ; à 18° l'intensité respiratoire est intermédiaire à celles constatées aux températures extrêmes, mais le quotient reste inférieur à l'unité.

On remarque, en outre, que si l'augmentation de l'intensité respiratoire se rencontre également dans les pommes du Canada, de 0° à 18° et de 18° à 30°, puis à 38°, les différences observées entre ces diverses températures sont bien moins accusées que celles constatées avec les pommes reinettes grises. Cela tient à deux causes : d'abord, la pomme du Canada possède une plus faible quantité d'acides (7 gr.) que la reinette grise (13gr,50) ; ensuite, à la température de 18°, l'activité vitale des pommes du Canada est suffisante

pour déterminer l'oxydation des acides, ainsi que le montre le quotient supérieur à l'unité (1,05) observé à cette température.

Nous avons déjà signalé cette persistance de l'activité vitale à basse température, lorsque nous avons étudié la pomme du tableau 10, qui conserve longtemps, à 18°, un quotient respiratoire supérieur à l'unité.

Nous résumerons ces observations en disant que :

L'intensité des échanges gazeux et le quotient respiratoire des pommes augmentent :

1° *Avec la température, pour une même quantité d'acides ;*

2° *Avec la quantité d'acides, pour une même température;*

3° *Avec la nature de la pomme, pour une même température et pour une même quantité d'acides.*

Si la deuxième proposition est exacte, nous devons nous attendre à trouver le minimum de variation du quotient respiratoire, pour une même température, dans les pommes où les acides auront presque complètement disparu.

L'étude des trois pommes grises que nous allons considérer confirme ces vues.

Une pomme qui, pesant 44^{gr},45, a été soumise du 25 août au 3 octobre à la température de 33°, a fourni, dans cet espace de temps, la courbe normale décroissante de l'intensité respiratoire et du quotient; portée le 3 octobre à 38°, elle offre le même quotient respiratoire, 0,94, qu'à 33°, tandis que CO^2 passe de 7,105 à 13,75 et O de 7,559 à 14,63; l'analyse faite le même jour ne décèle plus que 1^{gr},25 d'acide malique.

Une seconde pomme grise (tableau 3) qui, le 30 octobre, passe de 33° à 38°, conserve le même quotient, 0,96, et les quantités de gaz carbonique et d'oxygène passent respectivement de 13,65 à 20,69 et de 14,20 à 21,51 seulement.

Mêmes résultats pour la pomme du tableau 9 qui ne possède plus que 0^{gr},90 d'acide malique et donne, le 20 décembre, à 33°, CO^2 : 9,38 ; O : 10,30 ; $\frac{CO^2}{O} = 0{,}91$.

et le 23 décembre, à 18° :

$$CO^2 : 4^{cc},585; \quad O : 5^{cc},15; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,87$$

Influence de la température sur la respiration des pommes.

TABLEAU 11.

POMME REINETTE GRISE CUEILLIE LE 1er JUILLET ET PESANT 11gr,93.

DATE de l'analyse	TEMPÉRATURE	DURÉE de l'expérience	CO^2 dégagé	O absorbé	$\frac{CO^2}{O}$
	°	h	cc	cc	
3 juillet	30	13,58	128,50	98,83	1,30
4 —	0	30,66	6,412	7,46	0,86
9 —	0	143,75	6,86	7,53	0,91
9 —	30	10,93	155,50	108,70	1,43
10 —	18	19,75	47,45	47,93	0,99
11 —	30	12,25	100,40	85,80	1,17
12 —	30	18,33	67,19	58,90	1,14

Composition de cette pomme au 12 juillet.

Acide malique 13gr,50

TABLEAU 12.

POMME DU CANADA CUEILLIE LE 1er AOUT ET PESANT 93gr,90.

DATE de l'analyse	TEMPÉRATURE	DURÉE de l'expérience	CO^2 dégagé	O absorbé	$\frac{CO^2}{O}$
	°	h	cc	cc	
5 août	30	22,82	24,27	21,10	1,15
6 —	30	24 »	19,17	17,06	1,12
11 —	0	108,75	2,03	2,33	0,88
13 —	30	38,58	19,90	17,45	1,14
19 —	18	152,18	4,62	4,40	1,05
20 —	38	23 »	28,65	22,72	1,29
21 —	38	23,25	31,75	24,58	1,29
23 —	30	41,08	15,16	14,30	1,06
25 —	30	45,50	12,32	10,43	1,18

Composition de cette pomme au 25 août.

Acide malique .... 7 gr.

Ces trois exemples, auxquels nous pourrions ajouter ceux des tableaux 5, 10, etc., nous montrent que :

Le quotient respiratoire reste toujours inférieur à l'unité et

subit des variations à peine sensibles, quelque grandes que soient celles de la température, lorsque la quantité des acides est devenue très faible; quant à l'intensité respiratoire des pommes qui ne contiennent que peu ou pas d'acides, bien que ses variations soient beaucoup plus faibles pour une même variation de la température que lorsque les pommes contiennent une quantité notable d'acides, elle augmente encore beaucoup avec cette température.

Or ces deux faits : inaltérabilité du quotient respiratoire et variation de l'intensité avec la température, ont été signalés par MM. Bonnier et Mangin comme caractérisant la respiration des plantes ordinaires.

Nous avons donc le droit de dire que :

Une température élevée, celle de 30° *par exemple, donne, à la respiration des pommes qui contiennent une certaine quantité d'acides, des caractères bien différents de ceux de la respiration des plantes ordinaires; ces caractères différentiels disparaissent complètement en même temps que ces acides, de sorte qu'une pomme dans laquelle on ne constate plus qu'une faible acidité respire comme une plante ordinaire.*

5° *Influence de la section sur la respiration des pommes. Sa comparaison avec l'influence de la température.* — L'augmentation de l'intensité respiratoire des pommes avec la température, est la manifestation d'un accroissement de l'activité vitale des cellules, activité qui devient telle que les pommes utilisent les acides pour leur respiration ; il en résulte un quotient respiratoire supérieur à l'unité. Or l'activité vitale des plantes est également accrue par les blessures, comme le prouve la formation rapide de tissu cicatriciel et de bourgeons dans les régions blessées. En sectionnant les pommes, nous pouvons donc espérer augmenter leur activité vitale ; par suite, si elles contiennent des acides, ils seront oxydés et le quotient pourra devenir supérieur à l'unité, même à une température où, dans un fruit entier, il est inférieur.

Ces considérations nous font prévoir aussi que la section déterminera dans les pommes, qu'elles contiennent ou non des acides, une augmentation de l'intensité respiratoire; mais on ne devra constater en outre une augmentation du quotient respiratoire que dans les fruits qui contiendront une notable proportion d'acides.

Nous sommes donc amené à étudier l'influence des blessures et en particulier de la section sur la respiration des pommes :

a. Quand elles contiennent des acides;

b. Quand les acides ont disparu.

a. *Pommes contenant des acides.* — A une température élevée, 33° par exemple, la série des valeurs successives présentées par le quotient dans les pommes contenant des acides peut être représentée par une courbe à deux branches, la première, ascendante, correspond à des valeurs du quotient croissantes jusqu'à une valeur maxima, qui n'est atteinte qu'au bout d'un certain temps; la seconde, descendante, part de celle-ci et représente les valeurs décroissantes trouvées jusqu'à la fin de l'expérience. Nous nous placerons donc dans les conditions les plus favorables pour constater si la section augmente le quotient respiratoire, en ne faisant l'expérience que pendant la deuxième période.

Une pomme reinette grise (tableau 13), mise le 18 octobre à 33°, a présenté, pour $\frac{CO^2}{O}$, les valeurs successives 1,14; 1,37; 1,60; 1,47; elle a ensuite été, le 21 octobre, partagée en 4 quartiers dont l'atmosphère interne a été renouvelée en diminuant, à plusieurs reprises, la pression; puis les surfaces de section ont été essuyées légèrement avec du papier buvard et la pomme, ainsi préparée, a été placée à la température de 33°.

Immédiatement le quotient a passé de 1,47 à 2,45. Cette augmentation considérable ne peut être attribuée qu'au sectionnement, puisque la température n'a pas varié et que, dans ces conditions, le quotient qu'aurait fourni la pomme

entière eût été fatalement inférieur à 1,47, ainsi que le démontre l'examen des 10 premiers tableaux.

On pourrait croire que cette augmentation étonnante est due à la simple production d'un excès de gaz carbonique, ce qui revient à dire qu'il y aurait fermentation : il n'en est rien. Non seulement, en effet, on ne constate pas la production d'alcool, mais la quantité d'oxygène absorbé est beaucoup plus considérable après le partage qu'avant, comme l'établissent les deux analyses faites le 21 octobre :

Avant le sectionnement :

$$CO^2 : 27{,}68 ; \quad O : 19{,}27 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1{,}47$$

après le sectionnement :

$$CO^2 : 111{,}66 ; \quad O : 45{,}57 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 2{,}45$$

Donc : *La section d'une pomme faite à une température où la pomme entière offre la respiration caractéristique des acides augmente encore son activité vitale et par suite accroît l'intensité des échanges gazeux ainsi que le quotient respiratoire.*

Le sectionnement produit donc la même excitation que l'augmentation de la température sur l'activité protoplasmique ; il en résulte une combustion beaucoup plus active des acides : ceux-ci d'ailleurs existent en quantité notable dans la pomme que nous étudions ($9^{gr},19$).

Cette suractivité protoplasmique produite par le sectionnement s'affaiblit rapidement. Au bout de quatre heures on voit le quotient tomber à 1,29 ; au bout de neuf heures, à 1,09, et entre la dixième et la vingtième heure il est devenu 1,04. Quant à l'intensité des échanges gazeux, elle diminue aussi au fur et à mesure que la section devient moins récente ; mais cette diminution est beaucoup plus faible que celle du quotient et bientôt elle fait place à une légère augmentation, tandis que la surface de section brunit. Cette augmentation secondaire, semblable à celle que nous avons signalée pour les pommes du Canada entières,

à la fin des tableaux 5, 6, 8, doit avoir la même origine.

Étant donné le mode d'action identique de l'augmentation de la température et du sectionnement, nous nous sommes proposé de rechercher si, dans les pommes contenant des acides, la section ne détermine pas l'apparition du quotient supérieur à l'unité, à une température assez basse pour que le quotient du fruit entier soit plus petit que l'unité.

Après avoir soumis (tableau 14), du 3 au 27 octobre, une pomme à diverses températures, pour comparer les variations de l'intensité respiratoire et du quotient sous l'influence de la chaleur, à celles que la section produira, nous l'avons partagée en huit quartiers. Trois de ces quartiers, de mêmes dimensions, voisins les uns des autres et présentant les mêmes caractères de maturation, sont analysés à diverses époques.

L'un d'eux, analysé aussitôt après le sectionnement, accuse la présence de 8^{gr},664 d'acide malique ; les sept autres quartiers sont placés à 16°, température que la pomme entière présentait au moment du partage.

Le 27 octobre, tandis que, immédiatement avant le sectionnement, on avait :

$$CO^2 : 10,27 ; \quad O : 11,04 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,94$$

huit heures après on trouve :

$$CO^2 : 29,55 ; \quad O : 19,57 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,51$$

Il y a donc, à 16°, sous l'influence du sectionnement, augmentation considérable de l'intensité des échanges gazeux, et le quotient respiratoire, d'inférieur à l'unité, devient supérieur. Ces nombres obtenus avec la pomme sectionnée sont presque aussi forts que ceux fournis par la respiration de cette pomme entière placée à 30° ; le 5 octobre, en effet, à 30° nous notons :

$$CO^2 : 31,75 ; \quad O : 19,25 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,65$$

Mais la similitude d'action d'une température élevée et du sectionnement à basse température se poursuit plus loin. Le quotient fourni à 16° par la pomme sectionnée baisse rapidement, de même que celui fourni par une pomme entière soumise à l'action prolongée de la chaleur; le 29 octobre, il n'est plus que 0,92. A ce moment, un deuxième quartier analysé donne : acide malique 6gr,90, accusant ainsi nettement une diminution de la quantité d'acides.

Si maintenant cette pomme sectionnée qui, à 16°, ne présente plus un quotient supérieur à l'unité, est portée à 33°, celui-ci reparaît en même temps que l'intensité respiratoire augmente encore, comme l'indiquent les chiffres suivants :

29 octobre, 33° :

$$CO^2 : 64{,}22; \quad O : 61{,}75; \quad \frac{CO^2}{O} = 1{,}04$$

Puis les jours suivants, maintenue à cette température, la pomme reprend un quotient inférieur à l'unité ; mais celui-ci augmente encore une fois quand on porte la température à 38°. Le 30 octobre, en effet, à cette dernière température on a :

$$CO^2 : 79{,}64; \quad O : 71{,}11; \quad \frac{CO^2}{O} = 1{,}11$$

Le 1er novembre, la pomme ramenée à 16° ne donne plus qu'un quotient très inférieur à l'unité (0,87), et l'analyse du troisième quartier donne : acide malique 5gr,84, indiquant une seconde diminution des acides.

Les résultats de cette expérience nous permettent de formuler la proposition suivante :

La section produit sur les pommes possédant des acides le même effet que l'augmentation de la température, c'est-à-dire :

1° *Au début, augmentation considérable de l'intensité des échanges gazeux et du quotient respiratoire ;*

2° *Ensuite, diminution graduelle du quotient respiratoire*

Influence de la section sur la respiration des pommes reinettes grises.

TABLEAU 13.

POMME CUEILLIE LE 1er OCTOBRE, PESANT 85gr,70 ET LAISSÉE A 16° JUSQU'AU 19.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
Pomme entière.											
19 octobre.....	33°	h. 9,00	c.c. 24,49	c.c. 21,49	1,14	21 octobre.....	33°	h. 13,50	c.c. 27,68	c.c. 19,27	1,47
20 —	33°	12,50	24,03	21,19	1,37	21 —		Acide malique.....		9gr,19	
20 —	33°	11,00	31,42	19,64	1,60						
Pomme sectionnée.											
21 octobre.....	33°	h. 2,92	c.c. 111,66	45,57	2,45	21 octobre.....	33°	h. 3,92	c.c. 42,18	c.c. 38,69	1,09
21 —	33°	3,50	57,88	44,87	1,29	22 —	33°	9,66	45,93	44,17	1,04

Influence de la section sur la respiration des pommes reinettes grises.

TABLEAU 14.

POMME CUEILLIE LE 1er OCTOBRE ET PESANT 97gr,07.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ. par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ. par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
Pomme entière.											
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
3 octobre.....	30°	23,82	21,06	19,50	1,08	18 octobre.....	0°	212,00	2,63	2,95	0,90
4 —	30°	38,92	22,18	19,12	1,16	25 —	0°	172,50	2,60	2,85	0,92
5 —	30°	27,12	31,76	19,25	1,65	27 —	16°	23,08	10,27	11,04	0,93
9 —	20°	91,50	8,38	7,68	1,09	27 —	Acide malique...... 8gr,664				
Pomme sectionnée.											
27 octobre.....	16°	8,18	29,55	19,57	1,51	30 octobre.....	38°	5,00	71,84	66,50	1,08
28 —	16°	13,75	18,63	18,08	1,03	30 —	38°	5,33	79,64	71,11	1,12
29 —	16°	23,66	17,17	18,67	0,92	31 —	16°	13,00	18,02	23,40	0,76
29 —	Acide malique....... 6gr,90					31 —	33°	8,58	52,22	53,94	0,97
29 —	33°	5,58	64,22	61,75	1,04	1er novembre..	16°	16,18	17,69	20,33	0,87
29 —	33°	4,58	67,14	67,14	1,00	1er — ..	Acide malique....... 5gr,84				
30 —	16°	12,25	19,51	22,16	0,88						

due à ce que la quantité d'acides diminue de plus en plus, et diminution beaucoup plus lente de l'intensité des échanges gazeux.

On comprend qu'en soumettant simultanément une pomme contenant une forte proportion d'acides, à l'influence d'une température élevée et à celle du sectionnement, les effets résultant de ces deux actions s'ajouteront et on obtiendra, comme pour la pomme du tableau 13, un quotient très élevé (2,45).

Tandis que les deux expériences précédentes ont été faites sur des pommes très riches en acides, les deux suivantes, effectuées comme celles du tableau 14, à une température inférieure à la température nécessaire pour l'apparition du quotient supérieur à l'unité, ont porté sur des fruits contenant une quantité bien moindre d'acides, mais cependant encore relativement forte.

Dans la première une pomme reinette grise, cueillie le 1[er] octobre et pesant 89gr,55, a été abandonnée pendant trois semaines à 16° et, pendant tout ce temps, a fourni un rapport $\frac{CO^2}{O}$ plus petit que l'unité ; c'est ainsi que le 24 octobre, les chiffres caractérisant sa respiration étaient :

$$CO^2 : 16,40; \quad O : 11,43; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,91$$

Elle est divisée ce jour même en quatre quartiers dont l'un accuse à l'analyse 5gr,60 d'acides, tandis que les trois autres, placés à 16°, donnent :

le 24 octobre, 7 heures après le sectionnement :

$$CO^2 : 28,75; \quad O : 20,40; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,41$$

le 25 octobre, 23 heures après le sectionnement :

$$CO^2 : 17,96; \quad O : 16,53; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,08$$

le 26 octobre, 45 heures après le sectionnement :

$$CO^2 : 16,77; \quad O : 17,47; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,96$$

Influence de la section sur la respiration des pommes.

TABLEAU 15.

POMME REINETTE GRISE CUEILLIE LE 1er OCTOBRE, PESANT 106gr,37 ET LAISSÉE A 18° JUSQU'AU 25 NOVEMBRE.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
Pomme entière.											
		h.	c.c.	c.c.							
25 novembre...	18°	69,58	9,15	10,05	0,91	25 novembre ..	Acide malique 3gr,547				
Pomme sectionnée.											
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
26 novembre ..		9,00	26,89	21,85	1,23	28 novembre...	33°	15,50	51,90	52,96	0,98
27 — ..	18°	13,66	16,72	19,22	0,87	28 — ..	33°	8,08	46,06	46,52	0,99
27 — ..	33°	8,50	47,62	47,14	1,01						

Influence de la section sur la respiration des pommes.

TABLEAU 16.

POMME DU CANADA CUEILLIE LE 2 OCTOBRE, PESANT 157gr,85, MISE A 18° (TABLEAU 10) ET DE POIDS ACTUEL 144gr,75.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ. par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ. par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
Pomme entière.											
		h.	c.c.	c.c.				h.	c.c.	c.c.	
20 décembre...	18°	60,58	7,26	7,81	0,93	24 décembre...	33°	37,25	20,60	17,31	1,19
21 — ...	33°	25,00	23,62	17,50	1,35	24 — ...	Acide malique....... 2gr,55				
22 — ...	33°	30,82	24,84	18,00	1,38						
Pomme sectionnée.											
24 décembre...	33°	9,75	52,03	36,90	1,41	26 décembre...	33°	13,08	45,11	46,03	0,98
25 — ...	33°	13,08	39,57	35,65	1,08	26 — ...	33°	9,82	55,38	54,83	1,01
La surface de section, blanche jusque-là, brunit légèrement.						27 — ..	33°	13,58	54,40	52,64	1,01
25 décembre...	33°	10,00	45,36	44,04	1,03						

On voit que l'augmentation du quotient et celle des quantités de gaz dégagés et absorbés pendant une heure, tout en étant encore considérables, sont bien moins fortes qu'avec la pomme du tableau 14, bien que la température ait été la même.

Dans la seconde expérience (voir tableau 15), faite sur une pomme possédant encore une plus faible proportion d'acides (3gr,547), l'augmentation du quotient et de l'intensité respiratoire est encore plus faible, bien que nous ayons opéré à 18° au lieu de 16°, comme le prouvent les analyses suivantes :

25 novembre, avant le sectionnement :

$$CO^2 : 9{,}15 ; \quad O : 10{,}05 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0{,}91$$

25 novembre, après le sectionnement :

$$CO^2 : 26{,}89 ; \quad O : 21{,}86 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1{,}23$$

Ce n'est pas seulement aux températures inférieures, où les fruits entiers ne manifestent pas la respiration caractéristique des acides, que l'augmentation de l'intensité et du quotient respiratoire produite par le sectionnement des pommes est d'autant plus faible que la quantité d'acides est elle-même plus faible. A 33°, on observe les mêmes faits et pour s'en rendre compte, il suffit de comparer les résultats du tableau 13, dont nous avons déjà parlé, avec ceux du tableau 16, fournis par une pomme du canada. Cette dernière ne contient que 2gr,553 d'acides et a donné les résultats suivants :

24 décembre, 33°, avant le sectionnement :

$$CO^2 : 20{,}60 ; \quad O : 17{,}31 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1{,}19$$

25 décembre, 33°, après le sectionnement :

$$CO^2 : 52{,}03 ; \quad O : 36{,}65 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1{,}41$$

Le quotient respiratoire n'a augmenté dans cette pomme

que du cinquième de sa valeur, tandis que dans la pomme du tableau 13, en passant de 1,47 à 2,45, il a augmenté des deux tiers, alors que l'analyse accusait 9gr,19 d'acides, c'est-à-dire environ trois fois plus que dans le dernier fruit. Le tableau 16 renferme encore les chiffres de la respiration suivie pendant plusieurs jours après le sectionnement de la pomme que nous venons d'étudier ; l'examen de ces chiffres montre que le quotient respiratoire et l'intensité des échanges gazeux ont subi les variatious que nous avons déjà signalées plusieurs fois et sur lesquelles nous ne reviendrons pas.

b. *Pommes ne contenant plus d'acides.* — Si long que soit le temps pendant lequel nous avons suivi la maturation en atmosphère confinée des pommes détachées de l'arbre, quelle que soit la température à laquelle nous les avons portées, quelque tardive que soit aussi l'époque à laquelle nous avons séparé ces pommes de l'arbre, nous avons toujours constaté la persistance d'une certaine acidité qui, évaluée en acide malique, représente environ 1 gramme par kilogramme de fruit ; mais, réduits à ces faibles proportions, les acides n'influent plus du tout sur le quotient respiratoire des pommes entières ; nous pouvons donc considérer ces fruits comme dépourvus d'acides et conserver le titre de ce chapitre.

La pomme grise du tableau 2 a été placée à 30°, puis à 33°, du 26 août au 21 octobre, date à laquelle nous l'avons partagée en quatre quartiers, dont un, analysé, accuse 1gr,50 d'acides, alors que les trois autres sont immédiatement replacés à 33° et donnent alors pour leur respiration les chiffres suivants :

21 octobre, avant le sectionnement :

$$CO^2 : 7,25 ; \quad O : 7,79 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,93$$

22 octobre, après le sectionnement :

$$CO^2 : 33,61 ; \quad O : 36,14 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,93$$

On voit donc qu'aux températures élevées : 33° par exemple, le sectionnement ne modifie aucunement le quotient respiratoire des pommes dépourvues d'acides, qui reste inférieur à l'unité ; au contraire, cette opération augmente l'intensité des échanges gazeux.

La pomme du tableau 3, qui est restée du 1er octobre au 23 novembre à 33° et ne possède plus alors que 1gr,65 d'acides, se comporte comme la précédente :

23 novembre : pomme intacte, 33° :

$$CO^2 : 15,73 ; \quad O : 17,65 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,89$$

25 novembre : pomme sectionnée, 33° :

$$CO^2 : 35,25 ; \quad O : 39,62 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,89$$

Continuons à observer la respiration des quartiers de cette pomme les jours suivants ; nous trouvons :

26 novembre, 33° :

$$CO^2 : 56,90 ; \quad O : 58,06 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,98$$

27 novembre, 33° :

$$CO^2 : 63,17 ; \quad O : 65,80 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,95$$

Le fait qui se détache de l'examen des trois dernières respirations, c'est que dans la marche de l'intensité des échanges gazeux, nous n'observons plus la période de diminution qui avait été si nette avec les pommes contenant une grande quantité d'acides; aussitôt après le sectionnement apparaît la seconde période, celle de l'augmentation continue ; en même temps, on observe que la section prend beaucoup plus rapidement une coloration rouge brun que celle des pommes acides ; il est par suite probable que chez les pommes le tannin est oxydé d'autant plus rapidement par la diastase oxydante que celles-ci sont plus mûres. Il en résulte une augmentation de l'intensité respiratoire

dont nous étudierons plus tard la véritable signification.

Il est facile de prouver que l'augmentation secondaire de l'intensité respiratoire des pommes acides et l'augmentation primitive de celle des pommes dépourvues d'acides sont liées à la coloration du péricarpe de ces fruits.

Pour cela, considérons la pomme du tableau 8 ; elle présentait à la fin de l'expérience une région inférieure rouge brun ; séparons cette dernière partie de celle qui est encore blanche et soumettons à la température de 33° une même quantité de chacun de ces deux tissus, offrant l'une et l'autre la même surface de section, la même forme, le même volume.

La partie rouge brun nous donne :

24 décembre, 33° :

$$CO^2 : 31,23; \quad O : 40,55; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,77$$

25 décembre, 33° :

$$CO^2 : 37,91; \quad O : 50,54; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,75$$

et la partie blanche :

24 décembre, 33° :

$$CO^2 : 21,09; \quad O : 32,45; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,65$$

25 décembre, 33° :

$$CO^2 : 18,88; \quad O : 24,52; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,77$$

tandis que la pomme entière, à la même température de 33°, donnait le 23 décembre :

$$CO^2 : 14,81; \quad O : 14,96; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,99$$

et qu'elle ne contenait plus que $0^{gr},93$ d'acides.

On voit que les quantités de gaz carbonique et d'oxygène sont plus grandes dans la deuxième analyse que dans la première, pour la portion rouge brun ; elles sont au contraire

plus petites pour la partie blanche ; en outre, l'augmentation de l'intensité des échanges gazeux est plus considérable aussitôt après le sectionnement, dans la partie qui brunit que dans la partie blanche ; mais, à la longue, la surface de section de la portion blanche commence à se colorer et on constate alors l'augmentation secondaire des échanges gazeux, ainsi que le montre l'analyse suivante :

27 décembre 33°, partie blanche :

$$CO^2 : 33,59 ; \quad O : 36,12 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,93$$

Toutes les expériences que nous avons effectuées jusqu'ici avec des pommes sectionnées dépourvues d'acides, ont été faites à 33° ; la suivante indique qu'aux basses températures, les résultats sont identiques.

Une pomme du Canada a été mise à 33°, du 4 octobre au 20 décembre ; les chiffres relatifs à sa respiration, pendant cette période de temps, ont été relevés dans le tableau 9 ; après avoir été placée le 20 décembre à 18°, elle a été divisée en cinq quartiers ; l'un a donné à l'analyse $1^{gr},04$ d'acide malique, et les quatre autres ont été séparés en deux lots, soumis, le premier à 33°, le second à 18° ; ils ont donné les résultats suivants :

1° *Expérience à 33°.*

État de la pomme.	Date.	CO^2 dégagé.	O absorbé.	Quotient respiratoire $\frac{CO^2}{O}$.
Pomme intacte.....	20 décembre.	9,38	10,30	0,91
Pomme sectionnée..	23 —	38,72	39,92	0,97
—	24 —	33,18	35,68	0,93

2° *Expérience à 18°.*

Pomme intacte.....	23 décembre.	4,58	5,15	0,87
Pomme sectionnée..	24 —	11,16	12,54	0,89
—	26 —	9,75	11,74	0,83

On voit donc que, aux basses températures comme aux températures élevées, la section d'une pomme ne possédant plus d'acides, ne modifie pas le quotient respiratoire qui demeure in-

férieur à l'unité, mais elle augmente dans les deux cas les échanges gazeux.

Si en outre on compare les chiffres fournis, à 18°, par la pomme sectionnée et ceux que la pomme entière avait donnés à 33°, on peut dire que :

Pour les pommes dépourvues d'acides, le sectionnement produit à basse température sur la respiration la même action que l'élévation de la température.

Continuant dans l'expérience précédente, faite à 18°, à étudier la respiration pendant un certain temps après le sectionnement, on obtient les chiffres suivants :

28 décembre :

$$CO^2 : 11{,}84 ; \quad O : 13{,}93 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0{,}85$$

30 décembre :

$$CO^2 : 12{,}47 ; \quad O : 15{,}59 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0{,}80$$

et la surface de section brunit. Ces chiffres nous montrent, comme toutes les expériences faites jusqu'ici, l'accroissement secondaire de l'intensité des échanges gazeux due à la coloration de la surface de section.

Pour résumer cette étude sur l'influence comparée du sectionnement et de l'augmentation de la température sur la respiration des pommes, nous dirons que :

1° *Ces deux agents accroissent toujours l'intensité respiratoire, l'accroissement étant d'autant plus fort que les pommes possèdent plus d'acides ;*

2° *Ils n'élèvent le quotient respiratoire au-dessus de l'unité que lorsque la quantité d'acides est supérieure à une certaine limite (environ* 1 *gramme d'acide malique pour* 1000); *cette augmentation est d'autant plus considérable que les pommes sont plus acides ;*

3° *L'accroissement du quotient respiratoire par le sectionnement ou par l'élévation de la température est dû uniquement à l'oxydation des acides ; celle de l'intensité des échanges gazeux*

est due non seulement à la combustion des acides, mais encore à une combustion plus rapide des hydrates de carbone.

Si nous comparons ces conclusions à celles qui ont été émises par M. Stich à la fin de son travail sur l'influence des blessures sur la respiration des plantes (1), nous remarquons des différences considérables. En effet, en sectionnant des pommes de terre et des bulbes de tulipe, M. Stich observe un fort abaissement du quotient respiratoire. Comme d'autres expériences de sectionnement lui avaient montré antérieurement un accroissement important de la quantité de gaz carbonique dégagé, il en conclut que :

« Par les blessures, l'énergie respiratoire des végétaux supérieurs s'accroît considérablement et, notamment, de façon que la consommation de l'oxygène augmente plus que la production de l'acide carbonique. »

En rapprochant les résultats de ses expériences de ceux que les pommes nous ont donnés, on obtient les tableaux 17 et 18 :

TABLEAU 17. — *Expériences de Stich.*

Pommes de terre.	Intactes $\frac{CO^2}{O}$	Blessées $\frac{CO^2}{O}$
I	0,79	0,53
II	0,77	0,19
III	0,71	0,39
Bulbes de tulipe	0,92	0,70

TABLEAU 18. — *Expériences de l'auteur.*

Température.	$\frac{CO^2}{O}$ pommes intactes.	$\frac{CO^2}{O}$ pommes blessées.	Quantité d'acides.
33°	1,47	2,45	9,19
33	1,19	1,41	2,55
33	0,93	0,93	1,50
33	0,89	0,89	1,65
33	0,99	0,97	1,04
33	0,99	0,65	0,93
16	0,94	1,51	8,66
16	0,91	1,41	5,60
18	0,91	1,23	3,54
18	0,87	0,89	1,04

(1) Stich, *Die Athmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen* (Flora, janvier 1891).

L'examen comparatif des deux tableaux montre que seules les pommes qui contiennent moins de 1 gramme pour 1000 d'acides donnent les mêmes résultats que les pommes de terre et les bulbes de tulipe de M. Stich ; celles qui contiennent des acides donnent des résultats différents, et cela d'autant plus que la quantité d'acides est plus forte, quelle que soit la température à laquelle l'expérience a été faite.

Si les derniers chiffres de notre tableau confirment les recherches de M. Stich, il n'en est pas de même des études de M. Richard (1). Celui-ci a repris et complété les expériences du premier auteur. Il trouve que le sectionnement ne fait qu'augmenter considérablement l'intensité respiratoire sans modifier le quotient. Nous nous garderons bien de prendre parti pour l'un ou pour l'autre de ces auteurs, car nos recherches, bien que limitées aux pommes, semblent donner raison pour quelques-unes d'entre elles tantôt à l'un, tantôt à l'autre.

En comparant nos conclusions aux leurs, en effet, nous voyons que :

Les quotients respiratoires des pommes acides sectionnées ne suivent ni les règles de M. Stich, ni celles de M. Richard ; ils s'écartent d'autant moins de ces règles que l'acidité est plus faible; quand elle n'est plus que 1gr,5 *environ pour* 1000, *le rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *ne subit aucune modification, il est donc conforme à ceux observés par M. Richard; enfin, quand l'acidité tombe au-dessous du millième, les quotients respiratoires suivent les lois de M. Stich, c'est-à-dire sont inférieurs à ceux de la pomme intacte.*

6° *Relations entre les acides et les sucres contenus dans les pommes.* — Il ne nous reste plus, pour terminer l'étude des phénomènes de la maturation des pommes à l'obscurité,

(1) Dr H. M. Richard, *Ueber die Steigerung der Athmung und der Wärmeproduction nach Verletzung lebensthätiger Pflanzen ;* Berichte der mathematisch-physischen Classe der König. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Sitzung vom. 27 Juli 1896.

qu'à exposer en quelques mots nos recherches relatives à la matière sucrée des fruits capable de réduire immédiatement ou après l'action des acides, la liqueur de Fehling.

En se rapportant aux tableaux 6, 8, 9 des pommes du Canada, on remarque à la fin de chacun d'eux la composition chimique présentée par ces fruits au moment où ils viennent d'être détachés de l'arbre.

On y voit que la teneur en sucre qui, le 2 juillet, était seulement 27,85 pour 1000, se trouve être 3,5 fois plus forte le 25 août (94,45), alors que de cette dernière date au 6 octobre, elle n'a subi qu'une faible augmentation et est devenue 99,09 ; il en résulte que le sucre s'accumule en très grande abondance dans les pommes du Canada, pendant la période la plus chaude, en juillet et en août.

Si, maintenant, nous relevons les quantités d'acides correspondantes, nous voyons que de 13,94 le 2 juillet, elle tombe à 9,8 le 25 août et ensuite diminue à peine jusqu'au 6 octobre, date à laquelle elle est encore représentée par le chiffre 9,2 ; c'est donc encore pendant les mois de juillet et d'août que la proportion des acides diminue le plus fortement, tandis que plus tard cette proportion ne varie presque plus ; elle peut même, dans les pommes grises, augmenter légèrement, comme l'indique la valeur de l'acidité inscrite au bas des tableaux 2 et 3.

Si l'on admet une composition constante de la sève, la diminution considérable des acides en juillet et en août s'explique facilement, étant donnée l'influence de la chaleur sur l'oxydation de ces acides. Mais il n'en est pas moins vrai que la coïncidence du maximum de diminution des acides avec le maximum d'augmentation des matières sucrées est curieuse et digne d'être signalée. Nous sommes dès lors conduit à nous demander s'il n'existerait pas une certaine corrélation entre ces deux faits.

D'ailleurs la comparaison que nous allons établir entre les quantités de sucre et d'amidon contenus dans les pommes grises, aux diverses phases de la maturation sur l'ar-

bre, nous encourage à faire quelques recherches dans ce sens.

Si l'on examine les chiffres inscrits aux tableaux 1, 2, 3 :

Date	Amidon (en glucose).	Sucres (en glucose).	Total des hydrates de carbone (en glucose).
4 juillet...........	23	48,62	71,62
29 août.............	46	73,61	119,61
6 octobre..........	43	90,65	125,65

on voit que la quantité d'amidon augmente du 4 juillet au 31 août, pour diminuer ensuite, tandis que la quantité de sucre et la quantité totale des hydrates de carbone s'accroît constamment ; il en résulte que du 29 août au 6 octobre la quantité des sucres augmente plus que celle de l'amidon ne diminue. Si donc, comme tout à l'heure, on attribue à la sève une composition constante, les changements chimiques qui se seront passés dans les hydrates de carbone que les fruits contiennent ne seront pas les mêmes du 31 août au 6 octobre que du 4 juillet au 31 août ; il est certain qu'on ne pourra pas expliquer l'augmentation du sucre uniquement par la transformation de l'amidon. M. Lindet avait déjà signalé ce fait pour la pomme à cidre. Étant données d'autre part les relations que nous avons établies entre la diminution des acides et l'augmentation des sucres, devons-nous alors supposer que les acides se transforment en sucre ? Non ; car la raison qui déjà nous a conduit à ne donner qu'une importance relative à la diminution de l'acidité pendant la maturation sur l'arbre, dans ses rapports avec l'intensité et le quotient respiratoire, subsiste ici, et nous interdit toute hypothèse sur l'origine probable des sucres. En un mot, l'absence de notions précises sur la composition exacte du suc fourni par l'arbre au fruit à diverses époques, ne nous permet pas de voir une corrélation dans la coïncidence des deux faits, diminution de l'acidité, augmentation des sucres. Aussi, allons-nous essayer de chercher des renseignements plus précis dans l'étude de la maturation complémentaire ; mais, hâtons-nous de le dire, ces recherches sont bien loin

de présenter la rigueur et la valeur d'une démonstration.

Considérons les trois pommes *a*, *b*, *c*, cueillies le 2 octobre et qui nous ont déjà permis d'établir la relation existant entre l'acidité et la valeur du quotient respiratoire. Nous savons que ces trois pommes, présentant le même poids et les mêmes caractères de maturation, ont été mises le 3 octobre à 33°. La pomme *c* a été analysée après avoir fourni le quotient d'acide maximum ; la pomme *b* a été analysée le 20 octobre, quand le quotient est devenu inférieur à l'unité, et la pomme *a* le 23 novembre, c'est-à-dire longtemps après que le quotient respiratoire a pris cette dernière valeur.

Les trois analyses donnent les résultats suivants :

Date de l'analyse.	Acide malique.	Amidon (en glucose).	Sucres (en glucose).
6 octobre.........	9,285	43	90,65
20 —	1,89	25	115,17
23 novembre.......	1,65	1	125,40

Si nous ne comparons que les deux analyses du 6 octobre et du 23 novembre au point de vue de l'amidon et du sucre, nous voyons que l'amidon a diminué de 42 grammes, tandis que la matière sucrée a augmenté de 34^{gr},75 ; la diminution de l'amidon étant supérieure à l'augmentation du sucre, l'on est porté à dire que l'amidon a fourni la totalité du sucre supplémentaire ; mais cette allégation suppose que pendant tout ce temps les réactions produites dans le fruit ont été les mêmes ; or cela n'est pas probable, puisque du 6 au 20 octobre le quotient respiratoire est supérieur à l'unité, et du 20 octobre au 23 novembre il est au contraire plus petit que 1 ; voyons donc les résultats que nous obtiendrons en comparant successivement chacune des deux analyses extrêmes à l'analyse du 20 octobre.

En rapprochant les chiffres des analyses du 20 octobre et du 23 novembre, on trouve qu'il a disparu 0^{gr},24 d'acides seulement et 24 grammes d'amidon, tandis que le sucre a augmenté de 10^{gr},23. Il en résulte que pendant cette seconde

période les acides n'ont pas été brûlés ; l'amidon a donné du sucre et une portion de celui-ci a été détruit pour produire le gaz carbonique de la respiration.

Si maintenant, on compare les résultats des analyses du 6 à ceux du 20 octobre, on voit qu'il a disparu 18 grammes seulement d'amidon alors qu'il s'est formé 24gr,52 de sucre ; même en admettant que l'amidon se soit complètement transformé en sucre et qu'aucune parcelle de celui-ci n'ait été utilisée pour la respiration, il resterait à expliquer l'origine de 6gr,52 de ce sucre qui ne peuvent pas provenir de l'amidon.

Or, les acides ont diminué pendant ce même temps de 7gr,395 ; cette diminution peut expliquer la formation des 6gr,52 de sucre.

Ces observations nous permettent donc de dire :

Lors de la maturation après séparation de l'arbre, à une température élevée, pendant la période où le quotient respiratoire est inférieur à l'unité, la quantité d'amidon disparue est suffisante pour expliquer l'augmentation de la quantité de sucre; elle ne l'est plus du tout pendant la période où le quotient respiratoire est supérieur à l'unité pour expliquer l'augmentation de la quantité du sucre constatée alors ; à cette époque la quantité d'acides qui disparaît est supérieure à l'excès de la quantité de sucre formé sur celle de l'amidon disparu. Aussi peut-on croire qu'une partie des acides se soit transformée en sucre.

Nous n'émettons cette dernière hypothèse qu'avec les plus grandes réserves, étant donné qu'il existe dans les fruits un certain nombre de substances dont le dosage est difficile et qui pourraient être l'origine de cet excès de sucre trouvé.

Toutes les expériences sur la maturation complémentaire faites jusqu'ici, nous ont conduit à admettre une augmentation continue du sucre; mais si nous laissons cette maturation se continuer un certain temps après que l'amidon et les acides auront disparu, on constatera que le sucre diminue.

Dans l'expérience rapportée au tableau 8, où la pomme est restée pendant quatre mois à 30°, puis à 33°, cette diminution a été si forte que non seulement tout le sucre formé pendant la première partie de la maturation après séparation de l'arbre a disparu, mais qu'une partie du sucre qui existait au moment de la séparation de l'arbre a aussi été brûlée; le 23 décembre, l'analyse accuse en effet 90gr,07 de sucre, tandis que le 31 août on trouvait 95gr,45.

7° *Relations entre les sucres non réducteurs et les sucres réducteurs des pommes.* — Les résultats des analyses inscrits au bas des dix premiers tableaux montrent (ce que Buignet (1) et Lindet (2) ont déjà établi) que le sucre fermentescible des pommes est formé de sucres réducteurs et de sucres non réducteurs.

De l'examen de ces chiffres, nous ne pouvons déduire aucune relation bien nette entre le rapport du sucre réducteur à la totalité des matières sucrées, et la quantité d'amidon ou des acides. Le seul fait à noter est l'augmentation de ce rapport de juillet au mois d'août (mois les plus chauds) et sa diminution d'août à octobre.

Enfin signalons, pour terminer, la transformation rapide du saccharose en sucre réducteur pendant la maturation en atmosphère confinée; c'est ainsi qu'en un mois et demi, le rapport du glucose au sucre total passe, pour la pomme grise du tableau 3 de 0gr,59 à 0gr,88 et que dans l'espace de deux mois et demi, le rapport s'est élevé pour les pommes du Canada du tableau 9 de 0,59 à 1. On voit donc que l'augmentation de la matière sucrée au cours de la maturation après séparation de l'arbre est due au sucre réducteur, et si l'on admet que l'amidon ou les acides, ou bien l'une et l'autre catégorie de substances produisent la matière sucrée des fruits aussi bien pendant la maturation sur l'arbre que pendant la maturation hors de l'arbre, le processus de cette transformation doit être bien différent dans les deux cas,

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*

puisque, d'un côté, il aboutit à la formation d'un mélange de sucres non réducteurs et de sucres réducteurs, et, de l'autre, uniquement à du sucre réducteur. Il est vrai qu'il est possible que, dans les deux cas, amidon et acides fournissent des sucres non réducteurs et que ceux-ci deviennent plus rapidement réducteurs par hydratation dans la maturation après séparation de l'arbre que dans la maturation sur la plante.

NÉCESSITÉ D'ÉTENDRE LES RECHERCHES PRÉCÉDENTES A D'AUTRES FRUITS ACIDES.

Nous venons de voir que l'acide prédominant des pommes : l'acide malique, imprime aux divers phénomènes qui se produisent pendant la maturation de ces fruits des caractères particuliers. Or les acides tartrique et citrique sont, avec l'acide malique, les acides que l'on rencontre le plus fréquemment dans les fruits ; nous devons donc rechercher si ces deux acides déterminent dans la respiration les mêmes phénomènes spéciaux que l'acide malique et, par suite, s'il nous est permis de généraliser les conclusions que nous avons émises au sujet des pommes.

Nous prendrons les raisins comme types de fruits contenant de l'acide tartrique, les baies d'Aurantiacées comme types de fruits contenant de l'acide citrique.

Nous avons été dirigé, dans le choix de ces fruits, par le désir d'éliminer, autant que possible, l'amidon, dont la présence dans les pommes nous a obligé à employer un certain nombre d'artifices d'expériences, afin de dégager nettement les particularités qui, dans les phénomènes constatés, étaient dus réellement aux acides.

B. — Maturation des raisins.

Bien que les raisins présentent sur les pommes l'avantage de ne contenir qu'une quantité très faible d'amidon, l'étude de leur respiration ne laisse pas que de présenter des difficultés que nous n'avons pas rencontrées dans celle des

pommes. Un exemple va nous permettre de juger de suite l'importance et la nature de ces difficultés. Le 4 septembre, une baie de raisin cueillie sur un plant américain et pesant 1gr,10 a été placée, à 30°, dans une atmosphère confinée; elle a donné les chiffres suivants pour sa respiration :

$$CO^2 : 43^{cc},95 ; \quad O : 45^{cc},78 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,96$$

Ce raisin étant très acide, nous nous attendions à constater un quotient supérieur à l'unité, par analogie avec ce que nous avions constaté chez les pommes. Le résultat contraire que nous avons obtenu tendrait à faire croire que l'acide tartrique ne se comporte pas comme l'acide malique. Mais examinons de plus près ce raisin. On peut séparer trois graines pesant 0gr,11 d'un péricarpe du poids de 0gr,99; les graines ne possédant pas d'acides doivent avoir un quotient inférieur à l'unité; il suffirait donc que leur intensité respiratoire fût très forte et leur quotient très faible pour masquer complètement le quotient supérieur à l'unité du péricarpe acide et donner au rapport $\frac{CO^2}{O}$ de la baie entière, la valeur 0,96 inférieure à l'unité, valeur que nous avons constatée. Comme il est facile de séparer ces graines du péricarpe sans les blesser, leur respiration ne sera probablement pas beaucoup modifiée, du moins quant au quotient respiratoire, puisque ces graines ne contiennent pas d'acides; par suite, on pourra, en comparant leur respiration à celle de la baie entière, voir ce que doit être la respiration du péricarpe à 30°.

Les graines donnent à cette température les résultats suivants :

$$CO^2 : 45^{cc},29 ; \quad O : 79^{cc},46 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,57$$

Leur respiration est donc à peu près deux fois plus intense et le quotient deux fois plus faible que ceux du fruit entier. Si l'on remarque que ces graines représentent la dixième

partie du fruit, on voit que, puisque le quotient total est 0,96, celui du péricarpe doit être bien supérieur à l'unité. S'il nous est impossible de vérifier directement cette déduction, nous pouvons cependant trouver une preuve indirecte de son exactitude dans l'étude de la respiration du péricarpe sectionné.

Cette respiration est représentée par les chiffres :

$$CO^2 : 96^{cc},68 ; \quad O : 52^{cc},26 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,85$$

Ce quotient notablement supérieur à l'unité et l'augmentation de l'intensité respiratoire indiquent que le sectionnement produit ici le même effet que sur les pommes. Or, pour ces dernières, nous avons vu que le sectionnement a la même influence qu'une température élevée ; par analogie, il doit en être ainsi également dans les raisins et, par suite, le quotient respiratoire du péricarpe, à 30°, doit être supérieur à l'unité.

Comme presque tous les raisins contiennent des graines, l'action de l'acide tartrique sur le quotient respiratoire est plus ou moins masquée.

Heureusement il existe quelques variétés où les graines avortent. Nous les utiliserons pour rechercher les relations existant entre l'intensité ainsi que le quotient respiratoire d'une part et, de l'autre, la maturation sur l'arbre, la maturation après séparation du cep, l'augmentation de la température et le sectionnement.

Après avoir vérifié chacune de ces relations, nous expérimenterons successivement sur des variétés de raisins dans lesquelles le rapport entre le poids des graines et celui du péricarpe ira en croissant et nous constaterons les modifications que produira l'augmentation de ce rapport dans les relations étudiées plus haut.

1° Respiration des raisins dépourvus de graines, aux diverses phases de leur développement et de leur maturation sur le cep. — Le 15 septembre, nous avons placé à 30°, en atmosphère

confinée, des raisins appartenant à deux variétés, la première (Sultanieh) dépourvue de graines, la seconde (Black maroco) ne possédant que des graines si peu développées (leur poids ne représente pas le centième du poids du fruit) que leur action sur la respiration peut être négligée. Ces baies de raisin ont été détachées d'une même grappe et présentent des signes extérieurs indiquant différents degrés de maturation.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 19 :

TABLEAU 19.

RESPIRATION A 30° DE RAISINS DÉPOURVUS DE GRAINES.

I. *Sultanieh.*

Poids du raisin.	Aspect extérieur du fruit.	Par kilogr. et par heure. CO² dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.	Teneur pour 1000 gr. en acide tartrique.
gr		cc	cc		gr
1,13	Vert	58,48	43,32	1,35	10,20
1,47	Vert	54,72	40,84	1,34	8,50
1,60	Jaune	41,60	35,55	1,17	4,75

II. *Black maroco.*

Poids du raisin.	Aspect extérieur du fruit.	CO² dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.	Teneur en acide tartrique.
1 »	Vert clair.....	46,75	35,17	1,33	10,50
1,15	$^1/_2$ vert $^1/_2$ rose.	42,09	34,50	1,22	8,90
1,25	$^1/_3$ vert $^2/_3$ rose.	38,66	33,60	1,15	7,15
1,27	Violet clair...	36,45	32,90	1,11	5,20
1,38	Violet foncé...	35,05	31,58	1,11	4,65

Ce tableau montre que, *pendant la maturation sur le cep, à une température élevée, 30° par exemple, la respiration des raisins présente les mêmes caractères que celle des pommes. Il se produit donc chez les raisins acides, dans ces conditions de température, une élévation du quotient respiratoire au-dessus de l'unité; ce quotient et l'intensité des échanges gazeux diminuent avec les progrès de la maturation.*

2° Influence des graines sur la respiration des raisins. — Les tableaux 20 et 21 ont été établis comme les précédents. Tandis que les baies qui ont servi aux expériences du tableau 20, possèdent des graines dont le poids est environ le cinquantième du poids total, les graines du tableau 21 représentent à peu près le vingtième du poids du fruit.

TABLEAU 20.

RESPIRATION DES RAISINS PANSE MUSCAT A 30° AUX DIVERSES ÉPOQUES DE LA MATURITÉ.

BAIES ENTIÈRES						GRAINES				PÉRICARPE					
Date de l'analyse.	Poids.	Couleur et consistance.	CO^2 dégagé (par kilog. et par heure.)	O absorbé (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$	Poids	CO^2 dégagé (par kilog et par heure.)	O absorbé (par kilog et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$	Poids.	CO^2 dégagé (par kilog. et par heure.)	O absorbé (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$	Acide tartrique (par kilogr.)	Glucose (par kilogr.)
	gr		cc	cc		gr	cc	cc		gr	cc			gr	gr
10 juillet.	0,60	Vert, dur..	164,90	168,30	0,98	»	»	»	»	»	»	»	»	29,90	3,85
5 août..	1,10	Vert, dur..	42,06	41,64	1,01	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5 août..	1,90	Vert, dur..	43,36	40,52	1,07	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10 août..	2,90	Vert un peu clair....	34,71	33,37	1,04	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25 août...	3,25	Vert clair..	32,86	24,17	1,36	0,02	»	»	»	3,23	»	»		23,30	41,99
3 sept...	3,70	Vert très clair....	42,63	27,68	1,54	0,09	83,18	113,90	0,73	3,61	70,86	35,09	2,02	15,42	89,04
3 sept...	4,18	Vert très clair.....	34,95	25,32	1,38	0,09	»	»	»	4,09	»	»	»	»	»
25 sept...	4,25	Jaune.....	24,60	21,39	1,15	0,04	50,67	79,86	0,62	4,21	29,75	19,97	1,49	8,80	155,4

Si nous comparons les quotients relevés pour les fruits entiers, dans le tableau 20, à ceux du tableau 19, nous trouvons que la proportion $\frac{1}{50}$ des graines modifie à peine le quotient total ; il en résulte que ce dernier atteint des valeurs aussi élevées au-dessus de l'unité que dans les raisins dépourvus de graines.

Cependant la série des valeurs successives de ce quotient n'est pas la même dans ces deux tableaux. Les quotients successifs des raisins dépourvus de graines diminuent constamment avec les progrès de la maturation ; dans le tableau 20 cette période de diminution des quotients existe bien à la vérité, mais elle est précédée d'une période où les valeurs de ceux-ci sont successivement croissantes.

Or, pendant cette première période, l'acidité du raisin étant supérieure à celle de la seconde, nous devrions trouver un quotient supérieur. Pour expliquer cette anomalie, nous sommes obligés de nous adresser aux graines et d'admettre que celles-ci, pendant la première période, ont une respiration beaucoup plus active que pendant la seconde. Cette supposition est d'autant plus plausible que les graines en voie de croissance ont une activité respiratoire notablement plus intense que les graines qui ont atteint tout leur développement. C'est d'ailleurs ce que montrent les valeurs de la respiration des graines inscrites dans le tableau 20 aux dates des 3 et 25 septembre :

3 septembre..... CO^2 : 83^{cc},18 ; O : 113^{cc},88 ; $\frac{CO^2}{O} = 0{,}73$

24 septembre..... CO^2 : 50^{cc},67 ; O : 79^{cc},86 ; $\frac{CO^2}{O} = 0{,}62$

On voit qu'entre ces deux dates, l'intensité des échanges gazeux de ces graines a diminué d'un tiers. Cette diminution serait beaucoup plus considérable entre les graines des raisins étudiés au début de la première période et celle des raisins étudiés le 25 septembre. Le faible poids des premières nous a empêché d'étudier leur respiration ; heureu-

TABLEAU 21.

RESPIRATION DES RAISINS PANSE ORDINAIRE A 30° AUX DIVERSES ÉPOQUES DE LA MATURATION.

	BAIES ENTIÈRES					GRAINES				PÉRICARPE					
Date de l'analyse.	Poids.	Couleur et consistance.	CO^2 dégagé (par kilog. et par heure)	O absorbé (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	Poids	CO^2 dégagé (par kilog. et par heure)	O absorbé (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	Poids.	CO^2 dégagé (par kilog. et par heure)	O absorbé (par kilog. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	Acide tartrique (par kilogr.)	Glucose (par kilogr.)
	gr		cc	cc		gr	cc	cc		gr	cc	cc		gr	gr
10 juillet.	0,12	Vert, dur..	108,70	123,50	0,88	»	»	»	»	»	»	»	»	31,83	2,32
13 juillet.	0,65	Vert, dur..	74,88	71,31	1,05	»	»	»	»	»	»	»	»	28,54	4,96
13 juillet.	0,83	Vert, dur..	63,14	62,51	1,01	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25 juillet.	1,95	Vert	55,52	52,38	1,06	0,14	153,10	184,50	0,83	1,81	118,40	81,09	1,46	26,90	5,20
8 août ..	3,10	Vert un peu clair	38,28	37,53	1,02	0,22	145,80	169,60	0,86	2,88	118,10	90,17	1,31	29,60	11,55
23 août ..	3,30	Vert clair..	35,01	33,99	1,03	0,26	106,30	141,70	0,75	3,04	96,31	60,19	1,60	29,04	24,19
3 sept...	5,85	Jaune.....	20,72	22,05	0,94	0,17	87,73	99,70	0,88	5,68	33,31	27,99	1,19	8,58	93,48
25 sept...	5,22	Jaune clair.	22,97	22,09	1,04	0,13	30,98	44,90	0,69	5,09	30,16	30,16	1 »	5,90	140 »

sement l'examen du tableau 21 va nous permettre de combler cette lacune.

On remarque dans ce tableau que les graines du 25 juillet absorbaient 184^{cc},50 d'oxygène, tandis que celles du 25 septembre n'en absorbaient plus que 44^{cc},90 ; leur intensité respiratoire est donc devenue cinq fois moins forte. La perturbation que la respiration des graines apporte dans le quotient respiratoire des raisins, devient la plus grande possible dans ce tableau.

En effet, le quotient des fruits entiers, à 30°, tantôt est inférieur à l'unité, tantôt ne dépasse que de quelques centièmes cette valeur ; il est donc de beaucoup inférieur à celui que nous observons dans les premières variétés de raisins ; les considérations que nous venons de développer ainsi que l'explication détaillée que nous avons donnée de cette perturbation, au début de l'étude des raisins, nous dispensent d'insister plus longuement. Nous préférons porter notre attention pendant quelques instants sur le fait suivant : Dans les variations des valeurs successives du quotient respiratoire du tableau 21, on n'observe plus du tout la régularité que les trois premiers tableaux nous avaient montrée ; on peut même dire qu'il n'existe aucune relation entre les variations de deux quotients voisins et celles de l'acidité des raisins. Ainsi, du 2 septembre au 25 septembre, alors que l'acidité passe de 8,58 à 5,9, le quotient, au lieu de diminuer, augmente de 0,94 à 1,04. Cette perturbation s'explique facilement par l'absence de relation fixe entre le poids des graines et celui du fruit, de même que par l'inégale diminution de l'intensité respiratoire de ces graines et du péricarpe.

En effet, le rapport du poids de la graine à celui du fruit entier a diminué et l'intensité respiratoire des graines est devenue deux fois moindre alors que l'intensité totale n'a pas varié ; ces deux actions favorables au relèvement du quotient respiratoire l'emportent de beaucoup sur l'action contraire due à la diminution du quotient respiratoire des graines, qui s'abaisse de 0,88 à 0,69.

Si les graines déterminent des perturbations dans la marche du quotient respiratoire, elles n'en produisent pas dans celle de l'intensité respiratoire, qui est la même dans les raisins pourvus de graines que dans les raisins qui en sont privés. L'examen comparé des quantités d'oxygène absorbés par les raisins dépourvus de graines (tableau 19) et par les graines du tableau 21, en montrant que le péricarpe et les graines offrent une diminution parallèle de leur intensité respiratoire avec les progrès de la maturation, explique cette concordance.

On peut résumer cette influence des graines sur la respiration des raisins en disant que : *A une température élevée*, 30° *par exemple, l'intensité respiratoire des raisins possédant ou non des graines, diminue avec les progrès de la maturation sur l'arbre, tandis que le quotient respiratoire supérieur à l'unité et diminuant régulièrement pendant cette maturation chez les raisins dépourvus de graines, est d'autant plus petit, et varie avec d'autant moins de régularité que les raisins offrent un poids de graines plus considérable. Cette perturbation est due à la respiration des graines.*

3° *Respiration des raisins pendant la maturation qu'ils subissent après avoir été cueillis prématurément* (*maturation complémentaire*). — Le tableau 22 comprend les expériences faites sur une baie de raisin variété *panse muscat*, parvenue à la deuxième période de maturation, période dans laquelle nous avons vu que, dans cette variété, la respiration du péricarpe acide est peu modifiée par celle d'une quantité très faible de graines.

On voit que *les raisins ne contenant qu'un poids minime de graines se comportent absolument comme les pommes. En effet, les valeurs successives du quotient respiratoire, de l'intensité des échanges gazeux et de l'acidité diminuent parallèlement avec les progrès de la maturation complémentaire;* mais, tandis qu'à 30° le quotient des pommes ne devenait inférieur à l'unité que lorsque l'acidité était voisine de 1,50,

au contraire dans ce raisin, depuis longtemps le quotient est devenu plus petit que 1, quand l'acidité est encore supérieure à 6.

TABLEAU 22.

RESPIRATION A 30° D'UN RAISIN PANSE MUSCAT PESANT 4gr,18.

DATE de L'ANALYSE	PAR KILOGR. ET PAR HEURE		$\frac{CO^2}{O}$
	CO^2 dégagé.	O absorbé.	
	cc	cc	
3 septembre	34,95	25,32	1,38
4 —	92,15	22,67	1,28
6 —	26,44	21,85	1,21
8 —	23,38	23,62	0,99
10 —	15,10	16,41	0,92
12 —	12,01	13,20	0,91
15 —	9,28	10,21	0,90
Graines. Poids 0gr,09.			
18 —	37,74	42,02	0,72
Péricarpe. Poids 4gr,09.			
18 —	25,10	19,02	1,32

Analyse chimique de ce péricarpe.

Acide tartrique	6gr,096
Sucres (en glucose)	97gr,98

Composition chimique du péricarpe d'un raisin de même poids et de même maturation que le précédent au 3 septembre et analysé à cette même date :

Acide tartrique	15gr,49
Sucres (en glucose)	89gr,04

Ce fait est dû aux graines dont le quotient très inférieur à l'unité (0,72), vient rapidement masquer le quotient du péricarpe acide, aussitôt qu'il n'est plus aussi élevé. Nous devons donc trouver dans les raisins où le poids des graines sera considérable un quotient inférieur à l'unité, dès le début de la maturation complémentaire; c'est ce que nous constatons dans un raisin de la variété *plant du Danugue*, dont le poids des graines, par rapport à celui du raisin

entier, est cinq fois plus fort que celui de la *panse muscat*. A 30°, ce raisin qui, le 4 septembre, contenait 7gr,50 d'acides, donne les quotients suivants :

4 septembre	....	$\frac{CO^2}{O} = 0,97$
6 —	....	$\frac{CO^2}{O} = 0,92$
8 —	....	$\frac{CO^2}{O} = 0,81$
11 —	....	$\frac{CO^2}{O} = 0,79$

Si à cette dernière date nous mettons à respirer séparément les graines et le péricarpe de ce fruit, les premières donnent $\frac{CO^2}{O} = 0,56$ et les secondes $\frac{CO^2}{O} = 1,21$, l'acidité étant descendue à 4,6. On peut donc dire que :

Pendant toute la durée de la maturation, après séparation de la plante, à une température élevée, les raisins dont les graines forment une partie importante du fruit offrent un quotient inférieur à l'unité ; mais les valeurs de ce quotient suivent les mêmes courbes décroissantes que dans les raisins à graines très petites et dans les pommes.

La comparaison des quantités d'acides et de sucres trouvées avant et après l'expérience du tableau 22 montre que, dans les raisins comme dans les pommes, on constate en même temps qu'une diminution d'acides, une augmentation des sucres; mais à l'encontre des pommes, jamais celle-ci n'est supérieure à la diminution des acides, ce qui s'explique par l'absence des quantités considérables d'amidon que nous avons rencontrées dans les pommes.

4° *Influence de la température sur la respiration des raisins.* — Les baies qui nous ont servi pour l'étude de l'influence de la température sur la respiration appartiennent à trois variétés. La proportion du poids des graines au poids du fruit va en augmentant de la première variété, où il n'y a pas de graines, à la dernière, où cette proportion

atteint $\frac{1}{15}$ tandis que dans la variété intermédiaire, elle n'est que $\frac{1}{50}$.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 23.

TABLEAU 23.

RESPIRATION DES RAISINS A DIVERSES TEMPÉRATURES

DATE de L'ANALYSE	TEMPÉRATURE	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilogr. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilogr. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	cc.	cc.	
I. — Graines 0. *Raisin Sultanieh. Poids*, 1gr,47. *Couleur verte. Acide tartrique* 8,50.					
15 septembre......	30°	23,20	54,72	40,84	1,34
16 —	37°	16,60	68,67	47,69	1,44
19 —	20°	68,90	12,56	13,80	0,91
9 octobre	0°	474, »	1,57	2,28	0,69
11 —	30°	40, »	48, »	36, »	1,31
12 novembre......	0°	768,80	1,73	2,44	0,71
14 —	33°	41, »	47,70	32,23	1,48
15 —	16°	21,75	9,67	10,07	0,96
II. — $\frac{\text{Graines}}{\text{Baie}} = \frac{1}{50}$ *Raisin Panse muscat. Poids*, 3gr,25. *Couleur vert clair. Acide tartrique*, 23,30.					
25 août...........	30°	12,50	32,86	24,17	1,36
26 —	20°	26,50	13,64	13,92	0,98
1er septembre.....	0°	141,50	1,38	1,98	0,70
1er —	30°	11,50	31,11	25,09	1,24
III. — $\frac{\text{Graines}}{\text{Baie}} = \frac{1}{15}$ *Raisin Panse ordinaire. Poids*, 5gr,10. *Couleur vert jaunâtre. Acides*, 8,40.					
15 septembre	30°	28,50	22,37	21,51	1,04
16 —	20°	38,33	6,56	7,90	0,83
17 —	30°	21, »	21,48	21,06	1,02

Celui-ci nous montre que, d'une façon générale, quels que soient les raisins considérés, les températures différentes auxquelles ils ont été soumis ont amené des modifications de la respiration identiques à celles que nous avons signa-

lées dans les pommes. Les variations de la température, du quotient respiratoire et de l'intensité des échanges gazeux sont donc parallèles.

Mais si le sens du phénomène observé n'est pas modifié par la proportion des graines, celle-ci n'en a pas moins une influence assez considérable sur l'amplitude des variations du quotient respiratoire. Ainsi, le raisin *Sultanieh* dépourvu de graines et la *panse ordinaire* dont le poids des graines est le quinzième du poids du fruit, lesquels raisins ont servi aux expériences du tableau 23, possèdent la même proportion d'acides ; les différences observées dans les variations de leur respiration, produites par une même modification de la température, devront donc être attribuées à l'action des graines.

Or, on voit que le quotient respiratoire du raisin Sultanieh, passe de 1,34 à 0,91 et celui de la panse ordinaire de 1,04 à 0,83, quand on porte ces raisins de 30° à 20°. Le premier quotient a donc diminué de 0,43, et le second seulement de 0,21. Cette même proportion des graines, au contraire, n'exerce qu'une influence presque nulle sur l'intensité respiratoire. Ainsi, les deux expériences faites sur les raisins précédents et qui nous ont montré des différences considérables dans les variations des quotients respiratoires, établissent que ces raisins absorbent l'un et l'autre trois fois moins d'oxygène à 20° qu'à 30°, puisque pour le *Sultanieh* l'oxygène passe de $40^{cc},84$ à $13^{cc},80$, et pour la *panse ordinaire* de $21^{cc},51$ à $7^{cc},90$.

Cette différence d'action des graines sur les modifications de l'intensité respiratoires et du quotient des raisins soumis à des températures différentes, s'explique par le fait que les acides sont contenus dans le péricarpe et non dans les graines ; or nous savons que la température modifie dans le même sens l'intensité respiratoire des tissus, qu'ils contiennent ou non des acides, tandis qu'elle ne modifie le quotient respiratoire que dans les tissus acides.

Nous avons vu que, dans les pommes, lorsque la tempé-

rature de 30° n'était plus suffisante pour élever le quotient au-dessus de l'unité, une température supérieure pouvait produire ce résultat. Il en est de même pour les raisins.

Ainsi la respiration d'un raisin *panse muscat* qui, à 30°, était :

$$CO^2 : 9^{cc},28 ; \quad O : 10^{cc},31 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,90$$

devient à 37°, le lendemain :

$$CO^2 : 11^{cc},58 ; \quad O : 10^{cc},72 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,08$$

alors que l'analyse accuse encore la présence de $6^{gr},09$ d'acide tartrique. Pour terminer cette étude de l'influence de la température sur la respiration des raisins, faisons remarquer que le *Sultanieh* du tableau 23, placé à la température de 0°, a pu être conservé pendant deux mois entiers et, retiré à ce moment de l'appareil, il n'a présenté aucune altération ; reportée à 33° et à 16°, il a continué à respirer d'une façon normale.

Les basses températures constituent donc un moyen très utile de retarder la maturation des fruits, en diminuant leur respiration.

De cette observation découle un procédé pratique de conservation des fruits acides.

Il suffira de les cueillir un peu avant leur maturité et de les placer dans un local froid et non humide. Au moment où on voudra les livrer à la consommation, pour se débarrasser de l'excès d'acides qu'ils contiennent, il n'y aura qu'à les porter à une température suffisamment élevée jusqu'à ce que le quotient respiratoire de supérieur à l'unité, devienne inférieur.

Nous avons pu ainsi faire mûrir des raisins et des pommes, après les avoir conservés quatre mois dans la glace.

5° *Influence du sectionnement sur la respiration des raisins.* — Une baie de raisin *Black maroco*, dépourvue de graines et pesant $1^{gr},97$ a été mise dans une atmosphère con-

finée. Portée successivement à diverses températures, elle offre une respiration représentée par les chiffres suivants :

Date de l'analyse.	Durée de l'expérience.	Température.	Par kilogr. et par heure CO² dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$
	h	o	cc	cc	
17 septembre...	39,50	30	46,76	35,17	1,33
19 — ...	77,60	18	8,36	10,77	0,78
21 octobre......	712,75	0	1,87	2,28	0,82
24 — ...	71,08	20	10,05	10,25	0,98

Coupée en deux portions, le 24 octobre, et replacée de suite à 20°, elle donne le 26 octobre :

$$CO^2 : 20^{cc},43; \quad O : 16^{cc},75; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,22$$

L'analyse accuse alors : acide tartrique 10gr,20.

Au contraire, une baie de *Sultanieh* pesant 1gr,60, présentant tous les caractères d'une maturation assez avancée, et qui, à 30°, donne les résultats suivants :

15 septembre .... $CO^2 : 41^{cc},60; \quad O : 35^{cc},55; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,17$

17 — .... $CO^2 : 33^{cc},55; \quad O : 31^{cc},07; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,08$

fournit, après avoir été coupée en deux, à la même température :

$$CO^2 : 42^{cc},55; \quad O : 43^{cc},52; \quad \frac{CO^2}{O} = 0,98$$

L'analyse du fruit donne :

Acide tartrique 4gr,75

Ces deux expériences montrent que : *Dans les raisins dépourvus de graines comme dans les pommes, la respiration est modifiée par le sectionnement de la même façon que par l'augmentation de la température, c'est-à-dire que le sectionnement augmente toujours l'intensité respiratoire, tandis qu'il n'élève le quotient qu'autant que la quantité d'acides est supérieure à une certaine limite.*

Cette identité d'action du sectionnement et de la température sur la respiration des raisins dépourvus de graines, existe-t-elle aussi sur celle des raisins contenant des graines? En un mot, la présence de ces dernières détermine-t-elle, dans les changements respiratoires occasionnés par le sectionnement, les mêmes perturbations que dans ceux occasionnés par l'augmentation de la température?

Afin de résoudre la question, nous avons institué les expériences suivantes :

Une baie *a* appartenant à la variété Otello, pèse 2gr,29, et offre une couleur violet clair. Placée entre l'œil et une lumière vive, elle laisse voir dans son intérieur quatre graines formant deux groupes éloignés l'un de l'autre ; aussi, après avoir déterminé le 27 août la respiration de cette baie, nous est-il facile de la sectionner en deux parties égales *b* et *b'*, contenant chacune deux graines.

Une des moitiés *b*, est placée de suite à 30° ; dans l'autre moitié *b'*, on sépare les graines du péricarpe et chacune de ces deux parties est également soumise à la température de 30°.

Le tableau suivant donne les chiffres représentant les respirations de ces diverses parties :

Partie du fruit.	Poids.	Par kilogr. et par heure — CO^2 dégagé.	Par kilogr. et par heure — O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
	gr	cc	cc	
a; baie entière	2,29	39,18	32,23	1,21
b; 1/2 baie	1,12	65,07	57,68	1,13
b'; 1/2 péricarpe	1,08	64,03	43,86	1,46
b'; 1/2 graines	0,09	27,18	40,56	0,67

La comparaison des chiffres des respirations de *b* et de *a*, montre que le sectionnement diminue le quotient respiratoire du raisin, puisque de 1,21, ce quotient passe à 1,13.

Pour comprendre ce fait qui paraît tout d'abord anormal, comparons les chiffres qui représentent les respirations du demi-péricarpe *b'* et des graines *b'*. On voit que le quotient du demi-péricarpe *b'* est 1,46 et celui des graines

seulement 0,67 ; comme l'intensité respiratoire de ces deux parties est sensiblement la même, tandis que le poids des graines est beaucoup plus petit que celui du péricarpe, il en résulte que le quotient de la moitié *b* du raisin doit être compris entre les quotients *b'* observés, et se trouver entre la moyenne de ces deux quotients et celui du demi-péricarpe *b'*. C'est ce qui arrive, la moyenne des quotients étant $\frac{1,46 + 0,67}{2} = 1,06$, celui de la moitié *b* est 1,13. Pour être valables, ces déductions exigent que le péricarpe et les graines de la moitié *b* aient la même respiration que les parties correspondantes de la moitié *b'*. Or, il en est ainsi, comme le montrent les chiffres suivants obtenus en séparant le péricarpe et les graines de la moitié *b*, aussitôt après l'expérience précédente et en les mettant à respirer isolément à 30 :

$^1/_2$ péricarpe *b*.	Poids $1^{gr},04$;	$CO^2 : 71^{cc},10$;	$O : 50^{cc},88$;	$\frac{CO^2}{O} = 1,40$
$^1/_2$ graines *b*....	Poids $0^{gr},07$;	$CO^2 : 29^{cc},93$;	$O : 41^{cc}$	$\frac{CO^2}{O} = 0,73$

L'expérience que nous venons de faire montre donc que :

1° *Le sectionnement diminue le quotient respiratoire des raisins dont le poids des graines est assez considérable;*

2° *Cette diminution est due à la respiration des graines.*

Afin d'établir encore d'une façon plus nette ces deux propositions, faisons l'expérience suivante :

Une baie de la variété plant du Danugue, d'une couleur vert foncé et pesant $0^{gr},98$, ne présente qu'une graine du poids de $0^{gr},04$ logée latéralement dans une moitié du péricarpe. Après avoir étudié la respiration de cette baie à 30°, nous la sectionnons en deux parties égales dont l'une est dépourvue de graine. Chacune des moitiés est soumise à la température de 30° ; puis la graine est séparée du péricarpe et mise à respirer isolément à la même température. On obtient ainsi les chiffres suivants :

Partie du fruit.	Poids.	Par kilogr. et par heure — CO_2 dégagé.	Par kilogr. et par heure — O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
	gr	cc	cc	
Raisin entier.........	0,98	41,31	39,34	1,05
1/2 raisin sans graine.	0,49	96,66	84,79	1,14
1/2 raisin avec graine.	0,49	95,46	90,42	1,05
Graine isolée........	0,04	52,53	75,06	0,70

Analyse du péricarpe.

Acide tartrique...............	23gr,30
Sucres (en glucose)...........	19gr,97

Ces chiffres nous montrent nettement que le sectionnement a augmenté seulement le quotient de la partie du péricarpe dépourvue de la graine, ainsi qu'il augmente celui des variétés de raisins sans graines et celui des pommes.

Les deux dernières expériences nous expliquent maintenant pourquoi, dans les tableaux 20 et 21, le quotient respiratoire du péricarpe des raisins séparé des graines est toujours supérieur à celui des raisins entiers, excepté lorsque la quantité des acides est tombée assez bas, comme dans le raisin *panse ordinaire* étudié le 25 septembre (tableau 21).

Cette étude de l'influence du sectionnement dans la respiration des raisins nous a montré une analogie frappante entre cette influence et celle de l'augmentation de la température. L'expérience suivante permet de poursuivre plus loin et de préciser davantage la comparaison.

Après avoir porté successivement aux températures de 30°, de 20° et encore de 30° un raisin *panse ordinaire* du poids de 5gr,10, nous isolons les graines pesant 0gr,15. Celles-ci sont placées à 30°; quant au péricarpe, il est partagé en deux portions égales qui sont mises l'une à 30°, l'autre à 20°, et le lendemain, la première à 20°, la seconde à 30°.

En groupant les quotients respiratoires obtenus dans ces diverses conditions, nous aurons le tableau suivant :

Raisin entier.

Date.	Température.	$\frac{CO^2}{O}$.
	°	
23 août..................	30	1,03
24 —	20	0,81
25 —	30	1,02

1re moitié du péricarpe sectionné.

Date.	Température.	$\frac{CO^2}{O}$.
25 août	30	1,24
26 —	20	1,02
2e moitié du péricarpe sectionné.		
25 —	20	1,01
26 —	30	1,26
Graines.		
26 —	30	0,71

L'expérience croisée faite avec le péricarpe montre que les différences des quotients respiratoires observés doivent être attribués uniquement à la température ; il en résulte que nous pouvons, en comparant les quotients relevés dans cette expérience croisée avec ceux de la baie entière, formuler les conclusions suivantes :

1° Le sectionnement et la suppression des graines déterminent à basse température le même effet que l'élévation de la température ;

2° L'accroissement de la température augmente le quotient respiratoire des raisins sectionnés comme celui des pommes sectionnées.

Par suite : *Dans les raisins comme dans les pommes, l'action combinée du sectionnement, du retrait des graines et de l'élévation de la température, augmente beaucoup plus le quotient respiratoire que chacun de ces agents considérés séparément.*

6° *Relations entre les acides et les sucres contenus dans les raisins.* — L'examen des tableaux relatifs à la maturation sur le cep, montre que la quantité des sucres augmente quand celle des acides diminue ; mais les mêmes raisons qui nous ont porté à ne donner une certaine importance à cette constatation dans les pommes, que dans le cours de la maturation après séparation de la plante, se retrouvent ici.

Nous avons fait observer plus haut que pendant cette

dernière maturation des raisins, à une température élevée, l'augmentation des sucres est inférieure à la diminution des acides. Nous n'insisterons pas sur les déductions que nous pourrions tirer de ce fait, car nous les avons longuement développées lors de l'étude de la maturation des pommes. Disons seulement, en terminant, que pendant la maturation sur le cep, de même que dans le cours de la maturation après séparation de la plante, la matière sucrée des raisins est formée simplement de sucre réducteur, à l'encontre de ce que nous avons observé dans les pommes qui contiennent, pendant la maturation sur l'arbre, un mélange de sucre réducteur et de sucre non réducteur.

7° *Appendice à l'étude des raisins. — De la respiration des nèfles du Japon* (Eriobotrya japonica). — Le fait que le quotient respiratoire des raisins subit une diminution d'autant plus considérable que la proportion des graines est plus forte, nous conduit naturellement à rechercher si, dans les nèfles du Japon, qui, de tous les fruits acides, sont ceux possédant la plus grande proportion de graines, la diminution du quotient ne sera pas encore plus forte que dans les raisins.

Il n'existe pas, malheureusement, de variété de nèfles du Japon dépourvues de graines. Ainsi, comme il arrive quelquefois que certaines nèfles ne présentent que des graines avortées, nous avons été obligé d'étudier la respiration à 30° d'un nombre assez considérable de fruits présentant à peu près le même poids et les mêmes caractères extérieurs de la maturation, afin de comparer la respiration de deux nèfles : l'une ne possédant que des graines avortées, et par suite composée entièrement du péricarpe acide, l'autre offrant le poids maximum de semences que ces fruits peuvent contenir.

Après avoir fait respirer les deux nèfles à 30°, nous en avons séparé les graines et nous avons mis celles-ci à la même température. Voici les résultats de cette expérience :

PARTIE DE chaque nèfle mise à respirer.	NÈFLE I. $\frac{\text{Fruit}}{\text{Graines}} = 62$.				NÈFLE II. $\frac{\text{Fruit}}{\text{Graines}} = 3,1$.			
	POIDS	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilogr. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilogr. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$	POIDS	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilogr. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilogr. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
	gr.	cc.	cc.		gr.	cc.	cc.	
Nèfle entière.	6,20	140,90	91,27	1,56	7,06	138,80	133,50	1,04
Graines......	0,10	52,20	77,91	0,67	2,24	118,50	137,80	0,86
	ANALYSE DU PÉRICARPE : Acide malique, 15gr,60.				ANALYSE DU PÉRICARPE : Acide malique, 16gr,20.			

On voit que *le quotient respiratoire d'une nèfle du Japon tombe de* 1,56 *à* 1,04 *lorsque le rapport du poids du fruit à celui des graines passe de* 62 *à* 3,10.

L'influence des graines sur la respiration des nèfles est donc beaucoup plus importante que dans les raisins, ceux-ci d'ailleurs ne nous ont jamais présenté une proportion de graines se rapprochant de celle que l'on constate dans les nèfles. L'étude de l'influence des variations de la température ainsi que du sectionnement sur la respiration des nèfles du Japon confirme absolument les résultats obtenus avec les raisins ; nous n'en parlerons donc pas.

C. — Maturation des fruits des Aurantiacées.

1° *Respiration des mandarines.* — L'étude délicate de la respiration des fruits d'Aurantiacées, présentera bien moins de difficultés, maintenant que nous sommes familiarisé avec cette idée que les acides d'un fruit peuvent être oxydés en dégageant un volume de gaz carbonique supérieur au volume d'oxygène absorbé, sans que la respiration du fruit entier qui représente la somme des respirations des tissus acides et non acides de ce fruit, ait elle-même un quotient supérieur à l'unité. Dans les raisins et les nèfles c'étaient les graines qui abaissaient le quotient respiratoire caractéristique des acides; dans les fruits des Aurantiacées ce sera

le zeste. Cette partie dépourvue d'acides est en effet le siège de réactions chimiques intenses aboutissant à la formation de carbures d'hydrogène (citrène, etc.), d'aldéhydes (citral, etc.), etc. ; il en résulte une intensité respiratoire considérable; comme d'autre part ce zeste forme une partie importante du fruit entier on peut s'attendre à ce que sa respiration masque complètement la respiration de l'endocarpe acide. Aussi ne sommes-nous pas surpris de voir une mandarine pesant 20gr,05, détachée de l'arbre alors qu'elle est encore verte et placée à 30°, présenter successivement tous les caractères extérieurs de la maturation sans que le quotient ait jamais été supérieur à l'unité, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

Date de l'analyse.	Couleur du fruit.	$\frac{CO^2}{O}$.
17 janvier.............	Vert jaunâtre.	0,90
20 —	»	0,88
23 —	Jaune.	0,79
25 —	»	0,97
29 —	Jaune rougeâtre.	0,95

Pour faire apparaître le quotient caractéristique des acides dans les raisins contenant une proportion de graines assez considérable, nous enlevions ces graines. Séparons de même le zeste de notre mandarine. Cette opération est facile. En effet de tous les fruits d'Aurantiacées, les mandarines sont ceux dont le zeste adhère le moins à l'endocarpe : ces deux parties n'étant réunies que par un tissu très lâche, doué d'une vie peu active.

Si nous faisons respirer à la même température de 30°, le zeste et l'endocarpe ainsi séparés, nous obtenons les quotients 1,61 pour l'endocarpe et 0,90 pour le zeste. Ces chiffres nous montrent que l'endocarpe acide des mandarines se comporte absolument comme le péricarpe acide des raisins et comme les pommes acides. D'ailleurs trois autres mandarines, cueillies au même arbre, à divers états de développement, nous donnent des résultats semblables, ainsi que l'indiquent les nombres suivants :

Numéro de la mandarine.	Couleur.	$\frac{CO^2}{O}$ Fruit entier.	$\frac{CO^2}{O}$ Endocarpe.	$\frac{CO^2}{O}$ Zeste.
I...........	Verte.	0,99	1,52	0,98
II..........	Vert jaunâtre.	0,99	1,78	0,96
III..........	Jaune.	0,96	1,61	0,90

Ces trois mandarines accusent à l'analyse, de 6 à 8 grammes d'acides (citrique et malique) par kilogramme.

Quelles que soient les dimensions des mandarines d'un même arbre, l'épaisseur du zeste est sensiblement la même; le rapport entre le poids de ce dernier et celui de l'endocarpe sera donc d'autant plus faible que les mandarines atteindront un volume plus considérable; en un mot les grosses mandarines seront aux petites, ce que les raisins à petites graines étaient aux raisins à grosses graines. Nous pouvons donc espérer obtenir, à 30°, un quotient supérieur à l'unité en expérimentant sur de grosses mandarines, surtout si ces mandarines proviennent d'arbres cultivés en pleine terre, car elles contiendront alors une proportion d'acides plus grande que les mandarines précédentes prises dans les serres. Les tableaux 24, 25, 26, 27 ont été obtenus en plaçant à 30° quatre mandarines cueillies à quatre états de développement différents et répondant aux conditions que nous venons de préciser.

Respiration des mandarines.

TABLEAU 24.

MANDARINE DE COULEUR VERT SOMBRE ET PESANT 38gr,15.

DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilogr. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilogr. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$.
	degrés	cc	cc	
22 novembre	34	94,23	74,20	1,27
25 —	14	10,80	13,34	0,81
26 —	32	53,71	52,15	1,03
28 —	32	31,48	33,49	0,94
30 —	32	30,44	31,71	0,96
3 décembre	32	27,50	28,64	0,96
5 —	32	22,90	26,03	0,88
8 —	32	21,78	25,93	0,84
La mandarine est devenue vert jaunâtre.				
Endocarpe. — Poids 26gr.				
9 décembre	32	57,15	53,44	1,08
Zeste. — Poids 10gr.				
9 décembre	32	104,10	137 »	0,76
Acidité (moitié acide citrique, moitié acide malique) de l'endocarpe. 7gr,4				

TABLEAU 25.

MANDARINE DE COULEUR VERT CLAIR ET PESANT 45gr,15.

DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	CO^2 DÉGAGÉ (par kilogr. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilogr. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$.
	degrés	cc	cc	
22 novembre	34	81,18	67,65	1,20
25 —	14	10,49	11,16	0,94
27 —	32	44,98	38,44	1,17
29 —	32	34 »	29,06	1,17
3 décembre	32	26,86	24,20	1,11
6 —	32	23,18	22,95	1,01
8 —	32	20,49	22,27	0,92
12 —	32	20,05	22,28	0,90
15 —	32	19,97	21,91	0,91
19 —	32	20,67	22,47	0,92
23 —	32	18,63	21,92	0,85
27 —	32	18,52	22,05	0,84
La mandarine est devenue jaune.				

TABLEAU 26.

RESPIRATION D'UNE MANDARINE VERT CLAIR, 1/4 JAUNE, PESANT 49gr,70.

DATE DE L'ANALYSE	TEMPÉRATURE	CO_2 DÉGAGÉ (Par kilogr. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilogr. et par heure.)	$\frac{CO_2}{O}$	DATE DE L'ANALYSE	TEMPÉRATURE	CO_2 DÉGAGÉ (Par kilogr. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilogr. et par heure.)	$\frac{CO_2}{O}$
		cc.	cc.				cc.	cc.	
22 novembre	34°	75,25	63,77	1,18	11 décembre	32°	26,48	25,46	1,04
24 —	14°	10,89	11,47	0,95	13 —	32°	21,07	21,45	0,96
3 décembre	0°	2,19	2,74	0,80	15 —	32°	22,31	22,77	0,98
5 —	32°	44,02	36,09	1,22	17 —	32°	20,73	22,53	0,92
7 —	32°	33, »	27,51	1,20	20 —	32°	24,80	21,1	0,85
9 —	32°	32,18	27,27	1,18	Cette mandarine est devenue jaune.				
ZESTE. — Poids 11gr,75									
21 —	32°	20,46	20,88	0,98					
ENDOCARPE. — Poids 35gr,55									
21 —	32°	128,50	115,30	1,12					

Composition chimique de l'endocarpe.

Acidité représentée moitié en acide malique moitié en acide citrique, 4gr,15.

TABLEAU 27.

RESPIRATION D'UNE MANDARINE JAUNE VERDATRE PESANT 64gr,30.

DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
		c.c.	c.c.				c.c.	c.c.	
22 novembre......	34°	61,55	43,62	1,41	8 décembre......	32°	20,00	17,94	1,12
25 —	14°	6,65	6,99	0,95	10 —	32°	21,08	18,99	1,11
26 —	32°	47,03	33,83	1,39	12 —	32°	20,57	18,71	1,10
28 —	32°	33,30	25,04	1,33	14 —	32°	17,15	16,82	1,02
30 —	32°	28,65	21,75	1,32	16 —	32°	16,40	16,74	0,98
2 décembre......	32°	20,29	18,28	1,11	19 —	32°	16,25	16,26	1,00
4 —	32°	23,86	20,05	1,19					
6 —	32°	19,01	17,28	1,10	Cette mandarine est devenue jaune rougeâtre.				
Zeste. — Poids............ 12gr,28									
19 —	32°	»	»	0,90					
Endocarpe. — Poids............ 49gr,22									
19 —	32°	18,63	17,57	1,06					

Composition chimique de l'endocarpe.

Acidité représentée moitié en acide malique, moitié en acide citrique.......... 4gr,57
Sucres réducteurs (en glucose).. 44gr,54 Totalité des sucres (en glucose).. 89gr,9

Composition chimique de l'endocarpe d'une mandarine de même poids et de même maturation que la précédente au 22 novembre et analysée à cette même date.

Acides........................ 8gr,60 Sucres réducteurs........ 25gr,4 Totalité des sucres (en glucose). 87 gr.

L'examen de ces tableaux montre que :

1° Au début de l'expérience les quotients sont inférieurs à l'unité.

2° Entre l'intensité respiratoire ainsi que le quotient d'une part et, de l'autre, la maturation sur l'arbre, la maturation après séparation de l'arbre, les variations de la température et l'acidité, il existe les mêmes relations que dans les raisins à graines petites et dans les pommes; comme en outre les chiffres fournis précédemment par les mandarines provenant des serres, montrent qu'elles se comportent comme les raisins à grosses graines, *nous résumerons l'étude des mandarines en disant simplement qu'elles se comportent comme les raisins.*

2° *Respiration des oranges* (variété oranger de Nice). — Les tableaux 28 et 29 montrent que les oranges se comportent de la même façon que les mandarines, tant pendant la maturation sur l'arbre que dans le cours de la maturation après séparation de la plante.

On voit en outre, par le tableau 28, que chez les toutes jeunes oranges, où l'endocarpe n'offre encore ni acides ni sucres en quantité appréciable, et même chez les oranges un peu plus âgées contenant déjà une certaine quantité de sucres, le quotient de l'endocarpe reste inférieur à l'unité. Ce n'est que lorsque les oranges sont devenues suffisamment grosses que le quotient caractéristique des acides apparaît.

Si maintenant nous comparons l'acidité des oranges et des mandarines, lorsque le quotient de l'endocarpe devient plus petit que l'unité, à celle des pommes présentant les mêmes conditions, nous voyons que la première (4 à 5 grammes) est beaucoup plus considérable que la seconde (1^{gr},50 environ). De plus, en recherchant la nature des acides contenus dans les mandarines et les oranges d'abord au moment où le quotient est supérieur à l'unité, puis au moment où il est inférieur à cette valeur, nous avons trouvé que ces fruits possèdent dans le premier cas un mélange d'acide malique

TABLEAU 28.

RESPIRATION DES ORANGES AUX DIVERSES ÉPOQUES DE LA MATURATION SUR L'ARBRE.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	ORANGE ENTIÈRE.				ZESTE.				ENDOCARPE.						
		POIDS.	CO_2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO_2}{O}$	POIDS.	CO_2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO_2}{O}$	POIDS.	CO_2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure)	$\frac{CO_2}{O}$	ACIDES. (par kilog.)	SUCRES RÉDUCT. (en glucose) (par kilog.)	TOTAL des SUCRES (en glucose) (par kilog.)
		gr.	c.c.	c.c.		gr.	c.c.	c.c.		gr.	c.c.	c.c.				
Orange verte.																
30 août...	30°	11,50	93,73	104,12	0,90	9,40	206,50	261,40	0,79	2,10	188,70	248,20	0,76	Cellules de l'endocarpe petites dures. Saveur ni acide ni sucrée.		
Orange verte.																
14 sept....	30°	32,64	74,01	86,06	0,86											
15 —	30°	»	77,79	79,37	0,98											
16 —	30°	»	65,05	68,48	0,95											
17 —	30°	»	58,65	63,76	0,92											
18 —	30°					14,45	239,80	253,80	0,93	17,85	38,09	42,39	0,90			
Orange verte.																
1er oct...	30°	56,60	54,05	61,42	0,88											
2 — ...	30°	»	44,08	46,41	0,95											
3 — ...	30°	»	40,73	43,70	0,93											
4 — ...	30°	»	39,03	40,55	0,96	19,20	172,40	195,90	0,88	37,90	40,62	42,32	0,96			47,86
Orange verte.																
7 nov....	33°	61,30	64,93	55,97	1,16											
9 —	33°	»	38,94	34,46	1,13											
11 —	33°	»	32,89	31,63	1,04											
Orange vert jaunâtre.																
2 déc....	33°	68,22	68,88	49,10	1,24											
3 —	33°	»	36,26	33,27	1,09	17,15	159,80	175,60	0,91	51,07	40,60	30,99	1,31	16,61	25,75	54,93
Orange jaune.																
5 janvier.	30°	95,80	46,59	43,95	1,06											
6 — .	30°	»	33,87	32,26	1,05											
7 — .	33°	»	39,96	37,35	1,07											
8 — .	33°					31,50	161,20	181,20	0,89	62,55	51,10	35,24	1,45	13,09	25,42	60,38

TABLEAU 29.

RESPIRATION A 30° DE DEUX ORANGES OFFRANT LES MÊMES CARACTÈRES EXTÉRIEURS DE MATURATION.

DATE de L'ANALYSE.	COULEUR.	CO_2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO_2}{O}$
Orange I		Poids 117^{gr},85		
30 janvier...	Jaune verdâtre.	c.c. 31,87	c.c. 20,04	1,59
1er février..	»	30,17	22,18	1,36
6 — ..	»	21,00	17,50	1,20
8 — ..	»	17,19	15,38	1,12
10 — ..	»	18,29	16,48	1,11
12 — ..	»	16,91	15,66	1,08
14 — ..	»	21,95	21,11	1,04
16 — ..	»	14,70	14,00	1,05
18 — ..	Jaune.	17,45	16,78	1,04
20 — ..	»	13,71	14,28	0,96
22 — ..	»	14,70	15,26	0,97
24 — ..	»	9,32	10,96	0,85
3 mars.....	»	10,97	13,06	0,84
6 — ..	»	11,48	12,89	0,89
11 — ..	Jaune rougeâtre.	11,20	13,30	0,84

DATE de L'ANALYSE.	COULEUR.	CO_2 DÉGAGÉ (par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO_2}{O}$
Zeste			Poids 45^{gr},20	
12 mars.....		c.c. 91,73	c.c. 95,55	0,96
Endocarpe			Poids 72^{gr},65	
12 — ..		15,30	17,61	0,87
Composition chimique de l'endocarpe.				
Acides........ 4^{gr},277		Sucres réducteurs. 24^{gr},98		
Totalité des sucres (en glucose)........ 62^{gr},46				
Orange II		Poids 86 grammes		
30 janvier...	Jaune verdâtre.	37,02	28,47	1,30
1er février...	»	34,83	28,51	1,25
6 — ...	»	24,29	20,41	1,19
8 — ...	»	20,81	19,63	1,06
Zeste...........................			Poids 27^{gr},50	
9 février		100,10	106,50	0,94
Endocarpe			Poids 58^{gr},50	
9 février		37,64	26,69	1.41

et d'acide citrique, et dans le second cas, de l'acide citrique seulement.

Enfin, si nous ajoutons que les pommes offrent encore un quotient supérieur à l'unité, à une température suffisamment basse pour que celui des oranges et des mandarines soit plus petit que l'unité, nous aurons quelque raison de penser que l'acide malique est plus facilement utilisé par le protoplasma des fruits que l'acide citrique ; aussi, la température de 30°, suffisante pour faire disparaître l'acide malique, ne l'est pas pour détruire complètement l'acide citrique. En conséquence on peut prévoir que les fruits qui ne contiendront guère que de l'acide citrique, perdront difficilement cet acide à cette température, de sorte que leur endocarpe présentera une intensité respiratoire faible et un quotient peu élevé au-dessus de l'unité. Si en outre cet endocarpe ne constitue qu'une partie du fruit beaucoup plus faible que le zeste, celui-ci devra exercer une influence prépondérante sur la respiration du fruit.

Ce dernier, pendant la maturation complémentaire à 30°, même s'il contient beaucoup d'acide citrique, ne présentera donc probablement ni décroissance rapide de l'intensité respiratoire, ni quotient supérieur à l'unité. Les citrons remplissent absolument ces conditions, aussi le tableau 30 confirme-t-il de tous points les déductions précédentes.

Ce tableau montre aussi que pendant *la maturation complémentaire des citrons, le sucre, au lieu d'augmenter comme dans tous les fruits étudiés jusqu'ici, diminue en même temps que l'acidité.*

Le cédrat peut être considéré comme un fruit intermédiaire entre les citrons et les oranges. La proportion de l'acide malique par rapport à l'acide citrique y est beaucoup plus faible que dans les oranges, tout en étant cependant plus forte que dans les citrons. Aussi le tableau 31, où sont consignées les respirations d'un cédrat pendant la maturation complémentaire à 30°, accuse-t-il *des phénomènes respiratoires intermédiaires entre les phénomènes observés dans les*

TABLEAU 30.

RESPIRATION A 30° D'UN CITRON PESANT 131gr,20.

DATE DE L'ANALYSE	COULEUR	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilogr. et par heure)	O ABSORBÉ (Par kilogr. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$	DATE DE L'ANALYSE	COULEUR	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilogr. et par heure)	O ABSORBÉ (Par kilogr. et par heure)	$\frac{CO^2}{O}$
		cc.	cc.				cc.	cc.	
24 décembre.....	Vert.	19, 1	21,71	0,88	25 janvier........	1/2 vert. 1/2 jaune.	9,19	10,57	0,87
26 —		16,88	17,58	0,96	28 —		9,03	9,50	0,96
27 —		16,72	16,72	1, »	1er février........		6,26	7,11	0,88
29 —		10,86	14,48	0,75	12 —	Jaune, légèremt verdâtre.	8,67	9,33	0,93
31 —		12,75	14,66	0,87	17 —		7,28	8,27	0,88
2 janvier........		12,15	13,81	0,88	23 —		8,32	9,36	0,89
4 —	3/4 vert. 1/4 jaune.	9,22	11,68	0,79	27 —		6,15	7,41	0,83
6 —		8,26	10,32	0,80	2 mars.........		8,12	9,35	0,87
18 —		8,96	10,92	0,76	6 —	Jaune.	7,04	8,50	0,93
ZESTE.									
7 mars..........		48,3	51,9	0,93					
ENDOCARPE.									
7 mars..... ...		16,7	12,9	1,29					

Analyse chimique de cet endocarpe.

Acide citrique, 47 gr. — Sucres réducteurs (en glucose), 11gr,40. — Totalité des sucres (en glucose), 13gr,06.

Composition chimique de l'endocarpe d'un citron de même poids et de même maturation que le précédent au 24 décembre et analysé à cette même date :

Acide citrique, 50gr,45. — Totalité des sucres (en glucose), 42gr,60.

TABLEAU 31.

RESPIRATION A 30° D'UN CÉDRAT PESANT 177 GRAMMES.

DATE DE L'ANALYSE	CO_2 DÉGAGÉ (Par kil. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kil. et par heure.)	$\frac{CO_2}{O}$	DATE DE L'ANALYSE	CO_2 DÉGAGÉ (Par kil. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kil. et par heure.)	$\frac{CO_2}{O}$	DATE DE L'ANALYSE	CO_2 DÉGAGÉ (Par kil. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kil. et par heure.)	$\frac{CO_2}{O}$
	cc.	cc.			cc.	cc.			cc.	cc.	
11 avril....	18,54	23,17	0,80	28 avril....	20,05	19,28	1,04	16 mai.....	19,36	18,27	1,06
12 —	28,15	25,14	1,12	29 —	19,55	18,44	1,06	19 —	18,87	17,15	1,10
13 —	37,77	29,51	1,28	30 —	20,44	17,93	1,14	20 —	19,24	17,82	1,08
14 —	30,33	25,48	1,19	2 mai	19,95	18,65	1,07	22 —	18,20	16,70	1,09
15 —	24,65	22,41	1,10	3 —	18,58	17,04	1,09	24 —	18,51	16,98	1,09
16 —	25,23	21,94	1,15	4 —	19,06	17,90	1,07	25 —	20,12	18,63	1,08
17 —	24,26	22,46	1,08	5 —	19,15	17,57	1,09	26 —	20,16	18,67	1,08
18 —	22,33	20,87	1,07	6 —	20,69	17,54	1,18	27 —	21,24	19,94	1,09
19 —	25,45	22,52	1,13	7 —	20,10	18,11	1,11	28 —	17,97	16,96	1,06
22 —	27,29	23,32	1,17	10 —	19,99	17,85	1,12	30 —	18,71	17,33	1,08
23 —	23,29	20,43	1,14	11 —	18,41	17,37	1,06	1er juin ...	17,08	15,25	1,12
24 —	19,84	18,42	1,08	12 —	18,81	18,08	1,04	4 —	19,90	17,77	1,12
25 —	20,26	18,74	1,08	13 —	19,23	18,14	1,06	5 —	19,68	17,41	1,13
26 —	19,57	18,63	1,05	14 —	19,09	18,18	1,05	6 —	19,52	17,91	1,09
27 —	20,63	18,92	1,09	15 —	18,57	17,36	1,07				
Portion blanche du zeste. Poids : 61gr,5.				— *Portion jaune du zeste.* Poids : 45gr,6.				— *Endocarpe.* Poids : 64gr,60.			
7 juin	50,79	57,07	0,89	7 juin	108,70	123,50	0,88	7 juin	34,33	29,10	1,18

Composition chimique de l'endocarpe.

Acide citrique, 30gr,43. — Sucres réducteurs (en glucose), 20gr.81. — Totalité des sucres (en glucose), 24gr,98.

Composition chimique de l'endocarpe d'un cédrat de même poids et de même maturation que le précédent au 11 avril et analysé à cette même date.

Acide citrique, 37gr,13. — Sucres réducteurs (en glucose), 23gr,71. — Totalité des sucres (en glucose), 44gr,55.

oranges et ceux constatés dans les citrons. Mais, comme dans les citrons, les quantités d'acides et de sucre diminuent parallèlement dans le cours de la maturation complémentaire des cédrats.

Pour terminer cette étude de la respiration des fruits des Aurantiacées, nous pouvons la résumer comme suit :

1° *Le zeste détermine dans la respiration des fruits d'Aurantiacées les mêmes perturbations que les graines dans la respiration des raisins.*

2° *La respiration de ces fruits se rapproche d'autant plus de celle des pommes que la proportion d'acide malique est plus considérable par rapport à celle de l'acide citrique, le protoplasma utilisant beaucoup lus difficilement celui-ci que le premier.*

D — Maturation de divers fruits acides.

Nous avons étendu à un grand nombre de fruits acides : Alkekenges (divers *Physalis*), Mangues (*Mangifera indica* L.), Abricots (*Prunus Armeniaca* Juss.), Pêches (*Prunus Persica* Tournef.), Prunes (*Prunus domestica* L.), etc., l'étude que nous venons de faire sur les pommes, les raisins et les fruits des Aurantiacées. Tous nous ont présenté dans leur respiration les caractères spéciaux communs à ces trois types. Nous sommes donc autorisés à dire :

Les fruits acides offrent une respiration spéciale plus ou moins facile à mettre en évidence, suivant que la portion non acide du fruit est plus ou moins forte; cette respiration est surtout caractérisée par un quotient supérieur à l'unité qui ne se manifeste qu'à une température suffisamment élevée.

Est-ce à dire pour cela que chaque fois qu'un fruit donnera un rapport $\frac{CO^2}{O}$ plus grand que l'unité, il contiendra des acides? Non; les amandes par exemple peuvent très bien à certains moments de leur développement dégager plus de gaz carbonique qu'elles n'absorbent d'oxygène sans contenir

d'acides ; c'est ce que les expériences suivantes vont nous montrer :

1° *Respiration des amandes* (*Amygdalus communis, variété dulcis*). — Une amande douce, verte, du poids de 16gr,30, offre un degré de maturité assez avancé pour que la partie interne de son péricarpe soit devenue une coque ligneuse. Placée à 30°, elle présente une respiration caractérisée par les chiffres suivants :

$$CO^2 : 124^{cc},40; \quad O : 122^{cc}; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,02$$

Nous la divisons alors en trois parties : portion charnue (7gr,55), coque dure (6gr,50) et graine encore molle et translucide (1gr,92). Ces trois tissus, mis à respirer séparément à la température de 30°, fournissent les quotients suivants :

Enveloppe verte....................	$\frac{CO^2}{O} = 0,88$
Coque...........................	$\frac{CO^2}{O} = 0,85$
Graine...........................	$\frac{CO^2}{O} = 1,21$

Les deux premières portions ne contiennent pas d'acides et, par suite, leur quotient n'a guère dû être influencé par la section ; la graine n'ayant pas été blessée pendant la séparation, on peut admettre qu'elle offre à peu près la même intensité respiratoire et le même quotient aussi bien en dehors du péricarpe que dans l'intérieur de celui-ci ; cette graine dégage CO^2 : 249cc,36 et absorbe O : 206cc.

Son intensité respiratoire est donc le double de celle de l'amande entière. Son poids étant le huitième du poids du fruit, on voit que sa respiration représente le quart de la respiration totale de celui-ci et que, par suite, grâce à son quotient très élevé (1,21), elle relève les quotients respiratoires 0,88 et 0,85 du péricarpe, jusqu'au-dessus de l'unité.

La graine ne contient aucun des acides citrique, malique, tartrique, mais renferme des corps gras. Or il résulte des expériences de M. Godlewski(1), et de celles de MM. Bonnier et Mangin (2) sur la respiration des graines oléagineuses, que le quotient respiratoire des graines oléagineuses est très inférieur à l'unité pendant la germination, alors que la quantité des corps gras diminue et que celle des hydrates de carbone augmente comme l'a montré M. Leclerc du Sablon (3). De plus, ce dernier auteur a montré que pendant la formation des graines oléagineuses, la quantité de sucre diminue et celle des corps gras augmente (4).

Il est donc probable que le quotient supérieur à l'unité (1,21) donné par la graine est dû à la transformation du sucre en corps gras plutôt qu'à la destruction de ceux-ci. Cette hypothèse est d'autant plus plausible que les sucres contenant beaucoup plus d'oxygène que les acides gras, ne pourront se changer en ces derniers qu'en perdant de l'oxygène, probablement à l'état de gaz carbonique ; celui-ci viendra s'ajouter au gaz carbonique produit pendant la respiration aux dépens de l'oxygène de l'air et il en résultera le quotient supérieur à l'unité observé.

Nous n'insisterons pas plus longtemps sur ce sujet délicat de la formation des corps gras et nous nous contenterons de dire que :

Au voisinage de la maturité, les amandes, tout en ne contenant ni acide malique, ni acide tartrique, ni acide citrique, peuvent présenter, grâce à la graine, un quotient respiratoire supérieur à l'unité.

Si nous considérons une amande plus jeune que la précédente, nous constaterons que ce fruit, dont la coque encore

(1) Godlewski, *Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenathmung* (Jahr. de Pringsheim, t. XIII, Abth. 3).

(2) G. Bonnier et L. Mangin, *Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle* (Annales des Sc. naturelles, 6e série, t. XVIII, p. 293, 1884).

(3) Leclerc du Sablon, *Recherches sur la germination des graines oléagineuses* (Revue générale de Botanique, t. VII, 1895, p. 165).

(4) *Id.*, *ibid.*

molle et non lignifiée possède $6^{gr},60$ d'acide malique par kilogramme, présente aussi à 30° un quotient supérieur à l'unité (1,07) qui dans ce second cas sera dû non seulement à la graine $\frac{CO^2}{O} = 1,26$, mais encore à la coque $\frac{CO^2}{O} = 1,20$; voilà pourquoi, bien que le quotient du péricarpe vert ne soit que 0,85 comme dans l'amande précédente, le quotient du fruit entier est plus élevé que celui de cette amande. Avec une amande encore plus jeune, l'acidité de la coque est plus considérable ($14^{gr},6$), la graine est complètement transparente et n'est pas encore le siège de l'élaboration des corps gras, aussi son quotient est-il inférieur à l'unité $\left(\frac{CO^2}{O} = 0,99\right)$; mais celui de la coque augmente beaucoup $\left(\frac{CO^2}{O} = 1,50\right)$, de sorte que son influence l'emporte sur celle de la graine et du péricarpe vert $\left(\frac{CO^2}{O} = 0,86 \text{ pour ce dernier}\right)$ et, par suite, le quotient du fruit entier est supérieur à l'unité (1,04).

Les quotients 1,17 et 1,83 que nous avons obtenus avec des amandes si jeunes qu'il nous était impossible d'en séparer les diverses régions, s'expliquent par le fait que l'influence de la respiration de la coque acide sur celle du fruit est d'autant plus grande que ce fruit est plus jeune. Cependant il arrive souvent que le rapport du poids de la coque à ceux de la graine jeune et du péricarpe vert est si faible que, malgré l'acidité de cette coque, le quotient du fruit est inférieur à l'unité; c'est ainsi que le quotient d'une amande jeune est seulement 0,99, ceux du péricarpe et de la graine étant respectivement 0,88 et 0,97 alors que celui de la coque est 1,70.

Enfin, en nous adressant à une amande mûre dont la coque complètement lignifiée ne possède plus d'acides et dont la graine est presque à l'état de vie ralentie, nous remarquons que les quotients fournis, et par le fruit entier et par les trois régions isolées de ce fruit, sont inférieurs à l'unité.

Nous pouvons résumer de la façon suivante cette étude de la respiration des amandes :

a. *Les amandes douces présentent souvent aux diverses phases de leur développement un quotient supérieur à l'unité.*

Ce quotient est dû :

1° *A l'acidité de la coque, dans les fruits jeunes ;*

2° *A l'acidité de la coque et à la graine, dans les fruits ayant atteint à peu près la moitié de leur développement ;*

3° *Exclusivement à la graine dans les fruits voisins de la maturité.*

b. *Le quotient supérieur à l'unité présenté par les graines des amandes douces semble être dû à la formation des corps gras.*

2° *Respiration des pêches* (*Prunus Persica*). — Les deux caractères des amandes : graines oléagineuses offrant un quotient supérieur à l'unité, coque acide donnant également un quotient plus grand que l'unité, se retrouvent : le premier dans les pêches, le second dans les prunes ; mais on ne se doute nullement à première vue de leur existence, parce que le péricarpe de chacun de ces deux fruits est acide et offre un quotient supérieur à l'unité, de sorte que l'on s'étonne bien moins de rencontrer ce quotient dans la respiration de ces deux fruits intacts que dans celle des amandes.

C'est ainsi que des pêches cueillies à trois périodes successives de leur développement et contenant une faible quantité d'acides (6 à 8 grammes d'acide malique par kilogramme), nous ont toujours présenté à la température de 30° un quotient légèrement supérieur à l'unité et peu différent dans les trois cas (1,05 à 1,07), bien que la respiration des graines ait subi pendant cette maturation des modifications considérables ainsi que le montrent les chiffres suivants :

Date de l'analyse.	CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
	cc	cc	
21 juillet............	286,60	196,20	1,43
11 août.............	186,80	196,70	0,95
30 août..............	25,48	46,33	0,55

Ces chiffres montrent en effet que les graines jeunes (bien plus fréquemment que celles des amandes), offrent un quotient supérieur à l'unité, sans qu'elles contiennent d'acide tartrique, d'acide malique ou d'acide citrique. A ce moment leur intensité respiratoire est considérable.

Quand les pêches ont dépassé la moitié de la grosseur qu'elles auront définitivement (11 août) le quotient respiratoire des graines devient voisin de l'unité ; il a donc beaucoup diminué, mais l'intensité respiratoire est demeurée sensiblement la même.

Enfin dans les pêches mûres (le 30 août), les graines passent à l'état de vie ralentie, leur respiration est quatre à cinq fois plus faible et la quantité d'oxygène absorbée par elles dépasse de beaucoup la quantité de gaz carbonique dégagé. Comme le poids de ces graines est très faible par rapport au poids du fruit $\left(\text{la proportion est inférieure à } \frac{1}{50}\right)$ les variations de leur respiration qui, nous le voyons, sont très fortes n'influent en aucune façon sur la respiration du fruit entier.

3° *Respiration des prunes* (*Prunus domestica*) *variété fausse reine-Claude.* — On peut plus facilement déterminer l'influence de la coque acide sur la respiration des prunes, variété fausse reine-Claude entières du tableau 32.

Ainsi en comparant les quotients fournis à 30° par les deux fruits étudiés le 30 mai et le 12 juin à ceux obtenus avec les péricarpes charnus sectionnés, on constate une augmentation beaucoup plus faible que pour les pommes et les raisins possédant la même proportion d'acides. En effet le quotient respiratoire de la prune du 30 mai passe seulement de 1,13 à 1,22 et celui de la prune du 12 juin, de 1,18 à 1,23, alors que les quotients des pommes et des raisins varient dans les mêmes conditions de 1,10 à 1,50 et à 1,60. La respiration du péricarpe charnu semble donc insuffisante pour expliquer le quotient élevé du fruit entier. Nous sommes par suite amené à rechercher si la portion interne fibreuse du péri-

TABLEAU 32.

RESPIRATION A 30° DE PRUNES FAUSSE REINE-CLAUDE AUX DIVERSES PHASES DE LEUR DÉVELOPPEMENT.

DATES.	30 MAI.	12 JUIN.	25 JUIN.	10 JUILLET.	22 JUILLET.	28 JUILLET.
Fruit entier.						
Poids	$6^{gr},15$	$4^{gr},05$	$34^{gr},35$	$46^{gr},85$	$45^{gr},55$	$67^{gr},85$
CO^2 dégagé	$96^{cc},91$	$115^{cc},20$	$34^{cc},78$	$31^{cc},31$	$68^{cc},48$	$27^{cc},68$
O absorbé	$85^{cc},76$	$97^{cc},74$	$40^{cc},92$	$40^{cc},67$	$29^{cc},52$	$8^{cc},78$
$\frac{CO^2}{O}$	1,13	1,18	0,85	0,77	2,32	3,15
Aspect	Vert sombre, dur, non parfumée.	Vert, dur, non parfumée.	Vert, non parfumée.	Vert un peu clair, dur, non parfumée.	Vert jaunâtre 1/2 molle, parfumée	Jaune, molle, parfumée
Péricarpe charnu.						
Poids	$4^{gr},37$	$11^{gr},83$		$44^{gr},50$	$43^{gr},70$	$65^{gr},05$
CO^2 dégagé	$164^{cc},10$	$176^{cc},70$		$53^{cc},33$	$58^{cc},24$	$54^{cc},04$
O absorbé	$134^{cc},50$	$143^{cc},60$		$55^{cc},46$	$43^{cc},79$	$37^{cc},53$
$\frac{CO^2}{O}$	1,22	1,23		1,04	1,33	1,44
Acides { 1/2 citrique. 1/2 malique. }	$15^{gr},93$	$19^{gr},62$		$10^{gr},01$		$3^{gr},32$
Sucre réducteur	Traces.	$11^{gr},55$		$26^{gr},01$		$16^{gr},88$
Sucre total	$9^{gr},58$	$14^{gr},49$		$65^{gr},01$		$92^{gr},81$
Péricarpe ligneux.						
Poids	$1^{gr},17$	$1^{gr},80$		$1^{gr},9$	$1^{gr},70$	$2^{gr},40$
CO^2 dégagé	$264^{cc},40$	$196^{cc},20$		$17^{cc},54$	$2^{cc},55$	$3^{cc},44$
O absorbé	$229^{cc},90$	$169^{cc},20$		$20^{cc},64$	$6^{cc},90$	$6^{cc},74$
$\frac{CO^2}{O}$	1,17	1,16		0,85	$0^{cc},37$	0,51
Acides	$11^{gr},60$	$5^{gr},60$				
Graine.						
Poids	$0^{gr},28$	$0^{gr},35$		$0^{gr},35$	$0^{gr},15$	$0^{gr},40$
CO^2 dégagé	$228^{cc},70$	$199^{cc},00$		$37^{cc},40$	$50^{cc},42$	$46^{cc},15$
O absorbé	$233^{cc},40$	$280^{cc},50$		$54^{cc},21$	$96^{cc},97$	$80^{cc},96$
$\frac{CO^2}{O}$	0,98	0,71		0,69	0,52	0,57

carpe ou la graine n'offriraient pas un quotient supérieur à l'unité. Le tableau 32 montre que seule la portion fibreuse dégage plus de gaz carbonique qu'elle n'absorbe d'oxygène.

Le 30 mai et le 12 juin elle est acide, ferme, mais non dure, et présente à la première date le rapport $\frac{CO^2}{O} = 1,17$, à la seconde, le rapport $\frac{CO^2}{O} = 1,16$. Quant à la prune étudiée le 1er juillet, elle offre un péricarpe fibreux complètement dur dépourvu d'acides et dont le quotient respiratoire est devenu inférieur à l'unité (0,85); comme celui de la graine l'est également (0,69), il en résulte que les respirations de ces deux portions du fruit l'emportent sur celle du péricarpe charnu acide. Par suite le fruit entier offre un quotient respiratoire inférieur à l'unité (0,77), malgré la présence de 10gr,01 d'acides dans le péricarpe charnu.

Nous passons pour le moment sous silence les respirations des prunes du 22 et du 28 juillet, ainsi que celle de la prune du tableau 32 *bis*, parce qu'elles appartiennent au type de *fermentation* que nous étudierons plus tard.

TABLEAU 32 *bis*.

RESPIRATION A 30° D'UNE PRUNE CUEILLIE. POIDS 34gr,35.

DATE de l'analyse.	COULEUR et consistance.	CO^2 dégagé par kilog. et par heure.	O absorbé par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
		cc.	cc.	
1er juillet...	Vert clair, dure, non parfumée	34,78	40,92	0,85
8 — ..		33,90	32,30	1,05
15 — ..	Commence à se parfumer ...	30,90	24,72	1,25
17 — ..		28,31	21,45	1,32
18 — ..		25,95	20,43	1,27
19 — ..		24,26	18,66	1,30
20 — ..	Un peu jaunâtre, demi-molle, très parfumée.	25,66	15,94	1,61
22 — ..		28,99	15,02	1,93
23 — ..		38,21	18,73	2,04
24 — ..		49,11	21,63	2,27
25 — ..		39,83	16,59	2,40
27 — ..	Jaune, molle, très parfumée.	42,50	15,74	2,70

TABLEAU 33.

RESPIRATION A 30° DES ABRICOTS AUX DIFFÉRENTES PHASES DE LEUR MATURATION.

DATE DE L'ANALYSE.	22 MAI.	1er JUIN.	23 MAI.	2 JUIN.
	1er ARBRE.		2e ARBRE.	
	Fruit entier.			
Poids	7gr,30	12gr,30	5gr,38	31gr,60
CO^2 dégagé	140cc,10	90cc,71	180cc,70	89cc,60
O absorbé	141cc,60	88cc,92	164cc,30	88cc,53
$\frac{CO^2}{O}$	0,99	1,02	1,10	1,07
	Péricarpe charnu.			
Poids	5gr,48	8gr,80	4gr,60	26gr,83
CO^2 dégagé	322cc,20	336cc,00	501cc,80	161cc,00
O absorbé	238cc,70	258cc,50	319cc,60	128cc,80
$\frac{CO^2}{O}$	1,35	1,30	1,57	1,25
Acides	24gr,40		24gr,55	24gr,90
Sucres réducteurs	6gr,85		Traces.	10gr,65
Totalité de sucres	19gr,78		18gr,33	29gr,89
Totalité des hydrates de carbone				32gr,94
	Péricarpe ligneux.			
Poids	1gr,20	1gr,58	0gr,84	2gr,95
CO^2 dégagé	235cc,30	223cc,40	398cc,50	182cc,00
O absorbé	267cc,30	282cc,70	433cc,20	215cc,10
$\frac{CO^2}{O}$	0,88	0,79	0,92	0,85
	Graine.			
Poids	0gr,62	0gr,78	0gr,31	1gr,82
CO^2 dégagé	208cc,80	328cc,20	210cc,00	346cc,60
O absorbé	233cc,50	356cc,70	223cc,00	357cc,40
$\frac{CO^2}{O}$	0,89	0,92	0,94	0,97

4° *Respiration des abricots* (*Prunus Armeniaca*). — Pour terminer l'étude des perturbations apportées à la respiration des fruits acides par les tissus non acides, il ne nous reste plus qu'à envisager le cas des drupes dans lesquelles le noyau ainsi que les graines offrent un quotient inférieur à l'unité, et le mésocarpe charnu seul, un quotient supérieur à cette valeur. C'est le cas de la majorité des drupes des Rosacées et en particulier des abricots.

On peut voir, d'après les deux premières colonnes du tableau 33, qu'à 30° le quotient du fruit entier est inférieur ou très peu supérieur à l'unité bien que la quantité d'acides soit considérable, par suite de l'influence prépondérante de la respiration du noyau et de la graine.

Cependant, dans certains abricots (colonnes 3 et 4) la respiration du mésocarpe charnu l'emporte sur celle du noyau et de la graine et le quotient du fruit devient supérieur à l'unité.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LA RESPIRATION DES FRUITS SUCRÉS ET ACIDES.

Après avoir étudié les différents cas que présente la respiration des fruits acides, nous pouvons résumer les résultats obtenus de la façon suivante :

Les fruits acides offrent une respiration spéciale caractérisée principalement par l'existence d'un quotient respiratoire variant dans le même sens que la température et l'acidité et augmentant par le sectionnement.

A. *A une température suffisamment élevée, ce quotient peut-être :* 1° *plus grand que l'unité*, 2° *plus petit que cette valeur.*

1° *Quand la respiration des tissus acides du fruit l'emporte sur la respiration des tissus non acides, le rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *est supérieur à l'unité.*

Tel est le cas des raisins et des nèfles du Japon dépourvus de graines, des raisins à petites graines, des grosses manda-

rines et des oranges, aes amandes très jeunes, des prunes tant qu'elles ne sont pas parfumées.

2° *Quand la respiration des tissus acides ne l'emporte pas sur celle des tissus non acides, le quotient respiratoire peut être : α. supérieur, β. inférieur à l'unité.*

α. $\frac{CO^2}{O}$ *est plus grand que l'unité lorsque parmi les tissus non acides il s'en trouve (graines) qui contiennent des corps gras en voie de formation (amandes moyennes et presque adultes, pêches).*

β. $\frac{CO^2}{O}$ *est plus petit que l'unité quand on ne constate pas la formation de corps gras dans les tissus non acides (amandes adultes, pêches âgées, abricots).*

B. *La température à laquelle les fruits acides prennent un quotient supérieur à l'unité varie avec la nature de l'acide ; elle est plus basse pour les fruits à acide malique (pommes) que pour ceux à acide tartrique (raisins) ou à acide citrique (fruits des Aurantiacées).*

C. *Les tissus acides des fruits n'offrent un quotient supérieur à l'unité à une température élevée ou par le sectionnement qu'autant que leur acidité est supérieure à une certaine limite. Cette limite, très basse pour l'acide malique (pommes) est plus élevée pour les acides tartrique (raisins) et citrique (citron).*

COMPARAISON ENTRE LA RESPIRATION DES FRUITS ACIDES ET CELLE DES PLANTES GRASSES.

Les recherches de Hugo de Mohl (1), de Gaudichaud (2), de Mayer (3), de Hugo de Vries (4), de Aubert (5), de Berg et

(1) Hugo de Mohl, *Grundzüge der Anatomie und Physiologie*, 1851.

(2) Gaudichaud, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXVII, p. 4.

(3) Mayer, *Ueber die Sauerstoffanscheidung einiger Crassulaceen* (Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen, t. XXI, 1880).

(4) Hugo de Vries, *Ueber die Periodicität in Saüre-Gehalte der Fettpflanzen* (Naturkunde, 3, Recks, Decl 1, Amsterdam, 1884).

(5) E. Aubert, *Turgescence et transpiration des plantes grasses* (Annales des sciences naturelles, 1892).

Gerber (1), etc., ayant établi que les plantes grasses offrent une acidité assez considérable due principalement aux acides citrique, tartrique et malique, nous nous sommes demandé si ces plantes n'offriraient pas le même type de respiration que les fruits sucrés acides. Aussi avons-nous étudié l'*Opuntia Ficus indica* dont les raquettes et les fruits contiennent de l'acide malique, de sorte qu'il nous était facile de comparer la respiration d'un fruit acide à celle d'une tige acide.

Le 15 octobre, nous avons détaché de la plante mère une raquette du poids de $71^{gr},20$, portant un fruit violacé de $11^{gr},65$. Le fruit et la raquette mis isolément à respirer à la température de 35° nous ont fourni les chiffres suivants :

Raquette.........	$CO^2 : 71^{cc},29$;	$0 : 67^{cc},89$;	$\frac{CO^2}{O} = 1,05$
Fruit.............	$CO^2 : 21^{cc},25$;	$0 : 25^{cc},77$;	$\frac{CO^2}{O} = 0,84$

La tige offre donc un rapport $\frac{CO^2}{O} = 1,05$ plus grand que l'unité.

On ne saurait considérer cette respiration comme anormale, car, à une température plus élevée (40°) l'intensité respiratoire augmente encore, ainsi d'ailleurs que le quotient :

$$CO^2 : 79^{cc},78; \quad 0 : 68^{cc},77; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,16$$

Or, on sait que, tant que la quantité d'oxygène absorbé augmente avec la température, on peut considérer la plante comme ne subissant aucune altération (2) et, par suite, sa respiration comme normale. Nous avons donc le droit de conclure que la tige de l'*Opuntia Ficus indica* présente la respiration caractéristique des fruits acides, d'autant plus

(1) A. Berg et C. Gerber, *Acides des Mésembryanthémées* (Revue générale de Botanique, 1896).

(2) D'ailleurs cette raquette, après avoir été exposée pendant plusieurs jours aux températures de 35° et 40°, plantée le 2 novembre 1896, a continué à croître, et à la fin d'avril 1897, c'est-à-dire plus de six mois après l'expérience, fructifiait.

que l'intensité respiratoire et le quotient varient dans le même sens que la température, comme le montrent les chiffres suivants obtenus avec la même raquette :

Date de l'analyse.	Température.	Par kilogr. et par heure. CO² dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
	°	cc	cc	
16 octobre	35	71,29	67,89	1,05
16 —	40	79,78	68,77	1,16
17 —	33	43,75	44,19	0,89
21 —	20	7,47	9,45	0,79
23 —	35	31,36	27,27	1,15
24 —	35	21,26	21,70	0,98
31 —	16	2,55	3,23	0,79
2 novembre	33	14,10	15,01	0,94

A l'encontre de la tige, le fruit nous a offert, à 35°, un quotient très inférieur à l'unité (0,84). Ce fait doit être attribué au nombre considérable de graines plongées dans la pulpe située au centre du fruit ; car, en plaçant isolément à la même température le péricarpe et les graines, nous obtenons pour celui-là $\frac{CO^2}{O} = 1,21$ et pour celles-ci $\frac{CO^2}{O} = 0,67$.

Des raquettes dont l'acidité était beaucoup plus faible que celle de la précédente, nous ont présenté des quotients qui, comme celui du fruit, n'ont jamais atteint l'unité ; mais en faisant varier la température, ces quotients variaient dans le même sens que cette dernière. Nous pouvons donc dire que *la respiration de la tige d'Opuntia Ficus indica est la même que celle des fruits acides.*

Il n'existe aucune raison pour qu'il n'en soit pas de même de toutes les plantes grasses. Telle n'est pas l'opinion de M. Aubert (1). Cet auteur, dans son étude sur la respiration et l'assimilation des plantes grasses, n'admet pas que le quotient respiratoire puisse être supérieur à l'unité. Il dit, en

(1) E. Aubert, *Respiration et assimilation des plantes grasses* (Revue générale de Botanique, 1892, et Thèse de doctorat ès sciences, 1892, Paris, 2e partie, p. 61).

effet, parlant des travaux de MM. Dehérain et Moissan (1) et (2) : « D'accord avec ces deux savants sur la dépendance étroite du phénomène respiratoire avec la formation des acides végétaux, je ne saurais toutefois admettre comme ils l'ont fait, que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ puisse dans la respiration normale, prendre des valeurs supérieures à l'unité » et plus loin : « L'élévation de la température provoque le dégagement d'acide carbonique aux dépens de l'acide malique et le rapport $\frac{CO^2}{O}$ se rapproche de l'unité sans le dépasser, tant que dure la respiration normale ».

Mais si nous examinons les chiffres des analyses faites par M. Aubert, nous voyons qu'un certain nombre de plantes n'obéissent pas à cette loi. Ainsi, *Euphorbia mamillaris et rhipsaloides*, *Triticum sativum*, *Sedum telephium*, *Opuntia monacantha*, présentent des quotients supérieurs à l'unité. Nous pouvons donc supposer que beaucoup d'autres quotients indiqués comme étant égaux à l'unité, auraient dépassé cette valeur, si la température avait été plus élevée, d'autant plus que les expériences de M. Mangin, de M. Warburg et de M. Purjewicz prouvent également que les feuilles contenant des acides donnent un quotient supérieur à l'unité.

En effet, des feuilles de fusain injectées d'acide malique par M. Mangin (3) ont donné les quotients 1,22 et 1,97. Quant à M. Warburg (4), il a montré que les feuilles de Bryophyllum, sous l'influence de la chaleur, deviennent

(1) P. Dehérain et H. Moissan, *Recherches sur l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique par les plantes maintenues dans l'obscurité* (Annales des sciences naturelles, 5e série, t. XIX, p. 321, 1874).

(2) H. Moissan, *Sur les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique émis dans la respiration végétale* (Annales des sciences naturelles, 6e série, t. VII, p. 292).

(3) L. Mangin, *Sur les modifications apportées dans les échanges gazeux normaux des plantes par la présence des acides organiques* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. II, p. 716, novembre 1889).

(4) Warburg. *Ueber die Bedentung der organischen Säuren für den Lebensprozess der Pflanzen* (*speziell dersog. Fettpflanzen*). Untersuch. aus. d. botan. Instit. zu Tübingen, t. II, p. 53-150.

moins acides et augmentent le volume de l'atmosphère confinée en dégageant du gaz carbonique; il en résulte que le quotient respiratoire de ces feuilles est plus grand que l'unité. Au contraire, celui des feuilles de Bryophyllum désacidifiées reste, dans les mêmes conditions, inférieur à l'unité, car il n'y a pas augmentation du volume de l'atmosphère confinée. Enfin, le *Sedum hybridum* a fourni à M. Purjewicz (1), après un séjour prolongé à l'obscurité, $\frac{CO^2}{O} = 1,05$; des plantules étiolées de blé, placées les unes dans l'eau, les autres dans une solution à 2 p. 100 de malate de chaux et laissées pendant quatre jours à l'obscurité, lui ont donné pour quotients respiratoires respectivement 0,75 et 1,07.

Sans insister davantage sur ces faits, nous voyons que nous pouvons généraliser comme il suit les résultats obtenus avec les fruits acides :

Toute partie de plante contenant des acides offre une respiration caractérisée par un quotient respiratoire variable avec la température et pouvant devenir supérieur à l'unité, si la température est suffisamment élevée et si la quantité d'acides est assez considérable. Cette respiration peut donc être opposée à celle des organes en voie de croissance ne contenant pas d'acides, cette dernière étant caractérisée, comme MM. Bonnier et Mangin l'ont établi, par la constance du quotient respiratoire dont la valeur est toujours inférieure à l'unité, quelle que soit la température.

ÉCHANGES GAZEUX ENTRE LES FRUITS SUCRÉS ET ACIDES EXPOSÉS A LA LUMIÈRE ET L'ATMOSPHÈRE.

Les recherches que nous venons d'exposer, ainsi que les nombreuses études faites dans ces derniers temps sur les échanges gazeux entre les plantes grasses exposées à la

(1) En russe, *d'après un résumé de Rothert*, in *Bot. Centralbl.*, LVIII, p. 368, et d'après Vesque (Annales agronomiques, 1894, t. XX, p. 440).

lumière et l'atmosphère, nous amènent à nous demander si le parallélisme physiologique que nous venons de constater entre les plantes grasses et les fruits acides placés dans l'obscurité se poursuit lorsqu'ils sont exposés à la lumière solaire. Malheureusement, l'étude des échanges gazeux entre les fruits acides exposés aux radiations lumineuses et l'atmosphère est peu avancée. Nous avons vu en effet dans l'historique que si de Saussure rapproche des feuilles les fruits acides soumis à l'action de la lumière parce qu'ils réduisent l'anhydride carbonique, Bérard, au contraire, dit qu'ils diffèrent essentiellement des feuilles parce qu'ils dégagent du gaz carbonique au soleil. D'un autre côté, de Saussure et Bérard ont bien constaté que souvent l'atmosphère confinée des fruits augmente à la lumière ; mais tandis que de Saussure attribue cette augmentation à un dégagement d'oxygène, Bérard prétend qu'il est dû à une production de gaz carbonique.

Avant d'essayer de comparer les fruits acides et les plantes grasses exposées à la lumière, nous devons donc tenter de résoudre les questions suivantes :

1° Les fruits acides transforment-ils ou non en anhydride carbonique, à la lumière, l'oxygène de l'atmosphère confinée ?

2° Augmentent-ils le volume gazeux de cette atmosphère ?

3° S'il y a augmentation, ce phénomène est-il dû à un dégagement d'oxygène ou de gaz carbonique ?

4° Faut-il attribuer ces faits aux radiations lumineuses ou aux radiations calorifiques qui les accompagnent et dont nous avons vu l'influence considérable sur la respiration des tissus acides mis à l'obscurité ?

Afin d'éliminer l'influence des radiations calorifiques sur les échanges gazeux entre l'atmosphère et les fruits exposés à la lumière, nous avons plongé le flacon contenant les fruits soumis à l'observation dans une solution saturée d'alun potassique, solution dont le pouvoir absorbant pour la chaleur est considérable. Pour faire perdre à cette solution

la chaleur cédée par la lumière, nous l'avons entourée d'une nappe d'eau à une certaine température et constamment renouvelée grâce à un courant lent et continu.

La température à laquelle se trouvait le fruit était indiquée par un thermomètre dont le réservoir pénétrait dans l'intérieur d'un second fruit : celui-ci présentait les mêmes caractères et, placé dans un second flacon, était exposé au soleil dans les mêmes conditions que le premier.

L'influence considérable des blessures sur le quotient et l'intensité respiratoire des tissus acides nous interdisait, en effet, d'enfoncer le thermomètre dans le fruit étudié.

Pour ne faire intervenir comme nouveau facteur que les radiations, la veille même de l'expérience, les flacons contenant les fruits étaient exposés dans l'étuve à la température à laquelle nous voulions les exposer au soleil; l'atmosphère de ces fruits était renouvelée juste au moment où nous commencions l'expérience.

Les fruits sur lesquels nous avons opéré sont : les mandarines, les oranges et les citrons, fruits qui contiennent de l'acide citrique, les pommes variété reinette grise et variété du Canada, renfermant de l'acide malique. La saison à laquelle nous avons entrepris ces expériences ne nous a pas permis d'expérimenter sur des fruits qui contiennent de l'acide tartrique (raisin); mais l'analogie que nous avons vu exister entre la respiration des raisins et celle des fruits d'Aurantiacées placés dans l'obscurité, nous fait penser que les premiers se comporteraient au soleil comme les derniers.

1° *Fruits des Aurantiacées*. — Nous avons expérimenté sur des citrons et des oranges très jeunes et verts, sur des oranges plus âgées, mais encore vertes, enfin sur des oranges et des mandarines offrant un degré de maturation assez avancé pour que les zestes soient devenus jaune d'or. Tous ces fruits ont été placés au soleil et à l'obscurité à diverses températures et les résultats obtenus ont été consignés dans les tableaux 34, 35 et 36.

TABLEAU 34.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA RESPIRATION DES FRUITS JEUNES DES AURANTIACÉES.

DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	ÉCLAIREMENT.	CITRON JEUNE VERT PESANT 5gr,50			ORANGE PETITE VERTE PESANT 15gr,50		
			CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
			c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
7 février	15°	Lumière diffuse	31,85	44,86	0,71	6,87	12,27	0,56
8 —	31°	Soleil vif	82,63	108,70	0,76	37,18	44,25	0,84
9 —	31°	Obscurité	125,80	170,00	0,74	50,63	58,19	0,87
10 —	18°	Soleil vif	30,64	43,16	0,71	13,68	24,00	0,57
11 —	18°	Obscurité	43,62	68,15	0,64			
12 —	36°	Obscurité	174,10	231,20	0,75	93,34	116,70	0,80

TABLEAU 35.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA RESPIRATION DES FRUITS DES AURANTIACÉES AYANT ATTEINT LA MOITIÉ DE LEUR DÉVELOPPEMENT.

Orange verte.

FRUIT ENTIER PESANT 48gr,25						ENDOCARPE PESANT 22gr,30 (LÉGÈREMENT ACIDE)					
DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	ÉCLAIREMENT.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$	DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	ÉCLAIREMENT.	CO^2 DÉGAGÉ par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
			c.c.	c.c.					c.c.	c.c.	
7 février.	15°	Lumière diffuse.	16,22	23,85	0,63	10 février.	18°	Soleil vif	35,48	39,83	0,89
8 — .	31°	Soleil vif	52,32	52,32	1,00	11 — .	31°	Obscurité	77,13	69,49	1,11
9 — .	31°	Obscurité	51,70	51,78	0,99						
10 — .	36°	Obscurité	123,60	88,91	1,39						

TABLEAU 36.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA RESPIRATION DES FRUITS MURS DES AURANTIACÉES.

DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	ÉCLAIREMENT.	ORANGE ROUGE PESANT 85gr,50			MANDARINE JAUNE PESANT 15gr,20		
			CO^2 dégagé (par kilog. et par heure.)	O absorbé (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 dégagé (par kilog. et par heure.)	O absorbé (par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
			Fruit entier.			*Fruit entier.*		
			c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
7 février..........	15°	Lumière diffuse......	8,99	12,67	0,71	32,07	36,87	0,87
8 —	31°	Soleil vif............	42,75	41,56	1,03	124,00	112,80	1,10
9 —	31°	Obscurité...........	44,20	42,50	1,04	115,90	108,30	1,07
10 —	25°	Soleil vif............	30,96	34,79	0,89			
10 —	18°	Soleil vif............				37,87	47,94	0,79
			Endocarpe pesant 66 gr.			*Endocarpe pesant* 10gr,50		
11 —	18°	Soleil vif............	28,18	30,96	0,91	38,46	41,80	0,92
12 —	33°	Obscurité...........	94,63	68,08	1,39	122,00	110,90	1,10
13 —	18°	Obscurité...........	20,61	21,03	0,98			
14 —	33°	Obscurité...........	74,52	64,24	1,16			
			Acide citrique.... 8gr,20			Saveur acide et sucrée.		

Nous voyons que tous ces fruits exposés à la lumière dégagent du gaz carbonique et absorbent de l'oxygène, quels que soient leur âge et la température ; c'est-à-dire qu'ils se comportent d'une façon absolument différente des feuilles ordinaires. Mais l'examen de l'intensité des échanges gazeux nous montre que, à la même température, pour les fruits très jeunes et verts du tableau 34, la quantité de gaz carbonique dégagé est beaucoup plus considérable à l'obscurité qu'au soleil, tandis que pour les fruits mûrs et jaunes du tableau 36, cette quantité a peu varié. Il en est de même pour l'orange du tableau 35 où la masse du tissu incolore est beaucoup plus considérable par rapport à celle du parenchyme chlorophyllien que dans les oranges et les citrons très jeunes. Cela nous amène à dire que :

L'intensité des échanges gazeux pour les fruits qui présentent de la chlorophylle est moins considérable à la lumière qu'à l'obscurité. Ce fait est dû à l'assimilation chlorophyllienne. La différence entre ces deux intensités est d'autant moins grande que les fruits sont plus âgés, plus gros, parce que le rapport entre le tissu vert et le tissu incolore est d'autant plus faible que les fruits sont plus gros. Dans les fruits d'Aurantiacées qui n'ont plus de chlorophylle, l'intensité des échanges gazeux est sensiblement la même à la lumière qu'à l'obscurité.

Donc les fruits jeunes d'Aurantiacées ne réduisent qu'une partie du gaz carbonique émis par la respiration parce que chez eux la respiration l'emporte sur l'assimilation, de sorte que finalement une partie de l'oxygène de l'atmosphère confinée est transformée en gaz carbonique ; mais on conçoit que *si la température est suffisamment basse pour ralentir la respiration, si le tissu chlorophyllien est assez considérable, l'assimilation l'emportera sur la respiration et l'on n'observera pas de dégagement de gaz carbonique.* La première question que nous nous sommes posée est donc résolue.

L'étude des quotients respiratoires des trois tableaux va nous permettre de répondre à la deuxième. Ces tableaux, en effet, nous montrent que chez les citrons et les oranges

très jeunes, ni la lumière, ni la température, si élevée qu'elle soit, ni ces deux agents réunis, ne peuvent porter le quotient respiratoire au-dessus de l'unité; chez les oranges encore vertes, mais beaucoup plus grosses, la lumière n'a aucune action; la chaleur seule, quand elle devient très forte (36°), élève le quotient au-dessus de l'unité.

Enfin, chez les oranges et les mandarines jaunes placées au soleil, le quotient respiratoire ne devient supérieur à l'unité que si la chaleur est assez élevée pour déterminer dans ces fruits mis à l'obscurité le même phénomène.

Conclusions : *Les radiations lumineuses seules, sont incapables de déterminer, dans les fruits des Aurantiacées, l'apparition du quotient respiratoire supérieur à l'unité, caractéristique des fruits acides*. Ce fait pourrait être attribué à ce que le zeste empêche les radiations lumineuses d'atteindre la région acide; aussi, après avoir enlevé le zeste des oranges et des mandarines des tableaux 35 et 36, nous avons répété à la lumière et à l'obscurité sur des quartiers d'endocarpe dont la membrane est transparente et intacte, les experiences précédentes.

Bien que la lumière fût très vive et que la surface exposée au soleil fût considérable, nous n'avons jamais obtenu, à la température de 18°, de quotient supérieur à l'unité (0,89 ; 0,91 ; 0,92), tandis que, à l'obscurité, aux températures de 31° et 33°, ces quotients étaient 1,11 ; 1,10; 1,39. Bien plus, pour la même température de 18°, le quotient observé au soleil est inférieur au quotient constaté à l'obscurité (0,91 au lieu de 0,98). Nous pouvons donc dire que :

Les radiations lumineuses n'élèvent pas le quotient respiratoire des tissus contenant de l'acide citrique, même quand celui-ci est directement exposé à ces radiations. Elles n'activent pas non plus sensiblement la destruction de cet acide ; en effet, deux quartiers de l'orange du tableau 36 placés pendant cinq jours à 18°, l'un alternativement à la lumière et à l'obscurité, l'autre constamment à l'obscurité, ont présenté la même acidité (9^{gr},50), tandis qu'un troisième quartier, maintenu à

l'obscurité à 33° pendant ces cinq jours, offrait une acidité beaucoup moindre (5gr,20 d'acide citrique).

Nous terminerons cette étude des fruits des Aurantiacées en faisant remarquer que les quartiers de mandarines et d'oranges, dont la membrane séparant le tissu acide de l'atmosphère est extrêmement mince, n'offrent pas un quotient supérieur à l'unité, aux températures basses où les pommes sectionnées le donnent. Ce fait semble nous indiquer que *l'élévation du quotient au-dessus de l'unité dans les pommes sectionnées doit être attribuée non pas à un contact plus intime avec l'oxygène de l'air, mais à la section même.*

En effet, il semble n'exister qu'une légère différence dans le contact avec l'atmosphère, des pommes sectionnées et des quartiers de mandarine. *Ce sont donc les blessures qui déterminent une suractivité vitale des cellules pour former un tissu cicatriciel, et cette suractivité est telle que les acides, non utilisés en temps ordinaire à basse température, passent de l'état d'aliments de réserve à l'états d'aliments assimilables.*

2° *Pommes.* — Deux fruits : l'un, *pomme du Canada*, conservé à 15° environ, depuis le mois d'octobre, l'autre, *reinette grise*, conservé dans la glace pendant ce même temps, sont placés à 18° d'abord au soleil, puis à l'obscurité. Ils ont fourni dans ces conditions pour leur respiration les chiffres du tableau 37 :

Tableau 37.

I. Reinette grise. Poids 61gr,30. *Acide malique* 6gr,70 °/₀₀.

Date.	Éclairement.	Température.	CO^2.	O.	$\frac{CO^2}{O}$.
		°	cc	cc	
13 février.	Lumière intense.....	18	13,93	12,22	1,14
14 —	Obscurité...........	18	11,97	10,50	1,14

II. *Pomme du Canada. Poids* 112gr,50. *Acide malique* 3gr,05 °/₀₀.

Date.	Éclairement.	Température.	CO^2.	O.	$\frac{CO^2}{O}$.
12 février.	Lumière très intense.	18	6,74	9,63	0,70
13 —	Obscurité...........	18	7,02	9,75	0,72
14 —	Obscurité...........	33	18,29	16,78	1,14

On voit que chacune de ces pommes offre, au soleil, la

même intensité des échanges gazeux et le même quotient qu'à l'obscurité, la température étant la même. Mais, tandis que le quotient respiratoire est supérieur à l'unité pour la pomme reinette grise qui, à 0°, a brûlé principalement les réserves hydrocarbonées et par suite est devenue plus acide, il est au contraire inférieur à l'unité pour la pomme reinette du Canada, qui a perdu la majeure partie de son acidité en demeurant aussi longtemps à 15°. Il suffit de porter cette dernière pomme à 33° pour déterminer la combustion des acides restants et, par suite, pour élever le quotient au-dessus de l'unité ; celui-ci devient, en effet, 1,14. Nous dirons donc :

La lumière n'a aucune action sur les échanges gazeux entre les pommes adultes et l'atmosphère. Si parfois on observe un quotient supérieur à l'unité, il doit être attribué aux radiations calorifiques, car la même température à l'obscurité fait apparaître le même quotient respiratoire.

Nous n'avons pas le droit d'étendre ces conclusions et de dire comme pour l'acide citrique que la lumière n'a aucune action sur les tissus contenant de l'acide malique. En effet, s'il nous était facile, en isolant les quartiers de fruits des Aurantiacées, d'insoler directement le tissu à acide citrique, il n'en est pas de même pour les pommes.

Nous avons montré que la périphérie d'une pomme adulte est bien moins acide que le centre ; il en résulte que la lumière étant arrêtée par une épaisseur assez considérable de tissu pauvre en acides, ne doit pas arriver jusque dans la région acide ; de plus, pour exposer directement le tissu acide à la lumière, nous ne pouvions songer à sectionner les pommes, car nous avons vu que le sectionnement détermine l'élévation du quotient respiratoire au-dessus de l'unité dans les fruits acides. Ces réserves sur l'influence des radiations lumineuses nous sont inspirées aussi par les recherches de de Saussure, Mayer, Kraus, de Vries, Warburg, Mangin, Aubert, Purjewicz, recherches que nous avons déjà signalées sur les plantes grasses ou injectées

d'acides, et par celles de Purjewicz (1) sur les solutions acides. Ce dernier en exposant des solutions aqueuses d'acide malique à la lumière a constaté que celui-ci se décompose assez facilement.

Nos expériences sur les fruits des Aurantiacées et sur les pommes nous permettent maintenant de comprendre les observations contradictoires de de Saussure et de Bérard (1) et en même temps de répondre aux questions que nous nous sommes posées.

Ces deux savants ont observé que des *prunes reine-Claude* diminuent pendant la nuit le volume de l'atmosphère confinée. Ils expliquent tous les deux cette diminution en disant que l'oxygène absorbé pendant la respiration nocturne est bien transformé en un volume correspondant de gaz carbonique, mais qu'une portion de celui-ci est retenue par le parenchyme des fruits. Si cette hypothèse était exacte, en faisant le vide dans le flacon qui contient ces fruits, ou en les faisant bouillir avec de l'acide sulfurique très étendu, on pourrait obtenir une certaine quantité de gaz carbonique; or il n'en est rien, comme nous l'avons vérifié. Il est plus naturel d'admettre que, à la température basse de la nuit, l'acide malique, qui est le principal acide de ces prunes, n'est pas oxydé. Ces fruits respirent donc alors comme les plantes ordinaires, absorbant plus d'oxygène qu'ils ne dégagent de gaz carbonique, par suite de l'utilisation d'une partie de l'oxygène absorbé, pour l'oxydation incomplète de certaines substances (transformation possible des sucres en acides); il en résulte donc une diminution du volume de l'atmosphère confinée.

Ces mêmes prunes exposées au soleil ont, au contraire, déterminé une augmentation du volume de l'atmosphère; mais cette augmentation a pour cause, dans les expériences de de Saussure, un dégagement d'oxygène et, dans celles de Bérard, un dégagement de gaz carbonique. Aussi, d'après ce

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*

dernier auteur, le soleil détermine-t-il le dégagement du gaz carbonique qu'il supposait retenu la nuit dans le parenchyme du fruit, et cet acide, venant s'ajouter à celui qui résulte de la transformation d'un volume correspondant de l'oxygène de l'atmosphère confinée, augmente le volume de celle-ci. Au contraire, pour de Saussure, le gaz carbonique retenu par les fruits la nuit, est décomposé au soleil et l'oxygène dégagé s'ajoute à l'oxygène de l'atmosphère.

Ni l'une ni l'autre de ces deux explications ne peuvent être admises. La température à laquelle se trouvaient les prunes exposées au soleil était suffisante pour déterminer l'oxydation de l'acide malique, oxydation qui, comme nous l'avons vu, ne nécessite pas une température très élevée. Il en résulte que la quantité de gaz carbonique dégagé est plus grande que celle d'oxygène absorbé ; mais pendant cette respiration protoplasmique, la chlorophylle, grâce aux radiations lumineuses, décompose du gaz carbonique et met en liberté un volume correspondant d'oxygène. L'âge du fruit, ses dimensions, le rapport de la quantité du tissu chlorophyllien à celle du tissu incolore, la proportion des acides, la température et l'intensité lumineuse n'étant pas les mêmes dans les expériences des deux auteurs, l'intensité de la respiration et celle de l'assimilation chlorophyllienne étaient différentes. Tandis que dans l'expérience de Bérard la respiration l'emportait sur l'assimilation, le contraire avait lieu dans celle de de Saussure. Voilà pourquoi une certaine quantité de gaz carbonique n'était pas décomposée dans la première, alors que, dans la seconde, il ne restait que de l'oxygène en excès et de l'azote. Cette discussion des résultats contradictoires obtenus par de Saussure et par Bérard, ainsi que l'étude faite précédemment des échanges gazeux qui se produisent entre les fruits acides exposés à la lumière et l'atmosphère peuvent être résumées comme suit :

1° *Généralement les fruits acides exposés au soleil diminuent le volume de l'atmosphère confinée, parce qu'ils dégagent moins de gaz carbonique qu'ils n'absorbent d'oxygène ;*

2° *Quelquefois, au contraire, ils l'augmentent :*

a. *Cette augmentation doit être attribuée aux radiations calorifiques qui accompagnent les radiations lumineuses; elle exige pour se manifester une température beaucoup plus élevée avec les fruits d'Aurantiacées (acide citrique) qu'avec les pommes (acide malique).*

b. *Cette augmentation de volume semble due à la destruction des acides, destruction qui nécessite une absorption d'oxygène et qui est accompagnée d'un dégagement plus considérable de gaz carbonique, de sorte que généralement l'excès de gaz observé est du gaz carbonique.*

c. *Il est possible que cet excès de gaz carbonique soit remplacé par son volume d'oxygène dans les fruits jeunes à acide malique exposés à un soleil vif et à une température peu élevée. Ce phénomène est dû à ce que la destruction de l'acide malique se poursuit à cette basse température et que, d'un autre côté, l'assimilation l'emporte alors sur la respiration et réduit tout le gaz carbonique formé par celle-ci.*

COMPARAISON DES ÉCHANGES GAZEUX ENTRE L'ATMOSPHÈRE ET D'UN COTÉ LES FRUITS SUCRÉS ACIDES, DE L'AUTRE LES PLANTES GRASSES.

On sait que : les plantes grasses perdent leur acidité à la lumière et augmentent dans ces conditions le volume de l'atmosphère, l'excès de gaz observé étant dû soit à de l'oxygène pur, soit à un mélange d'oxygène et de gaz carbonique, soit à du gaz carbonique simplement. Ce qui était l'exception pour les fruits acides devient donc la règle chez les plantes grasses ; par suite, il semble exister des différences profondes entre la vie des fruits acides exposés au soleil et celle des plantes grasses placées dans les mêmes conditions. Cependant ces différences sont loin d'être essentielles et elles s'expliquent facilement. En effet :

1° L'acide dominant des plantes grassses est l'acide malique ;

2° La proportion de parenchyme chlorophyllien est beaucoup plus considérable dans les plantes grasses que dans les fruits acides ;

3° L'épaisseur des organes des plantes grasses est beaucoup moins grande que celle des fruits acides.

De ces faits il résulte que les radiations lumineuses peuvent atteindre le tissu acide beaucoup plus facilement que dans les pommes et ajouter leur action à celle de la chaleur pour déterminer la destruction d'une quantité beaucoup plus grande d'acide malique.

L'atmosphère confinée s'enrichirait donc beaucoup plus en gaz carbonique qu'il ne s'appauvrirait en oxygène ; mais l'assimilation plus active que dans les fruits acides décompose suivant l'intensité de l'éclairement : soit un volume de gaz carbonique supérieur à celui de l'oxygène absorbé, soit même la totalité du gaz carbonique.

L'atmosphère confinée s'enrichira donc, comme M. Mayer et M. Aubert l'ont constaté, tantôt en oxygène et en gaz carbonique, tantôt simplement en oxygène, ce qui était l'exception chez les fruits acides ; si la chaleur est trop forte ou l'insolation trop faible, nous retombons dans le cas des oranges mûres, des mandarines mûres et des pommes reinettes grises ; c'est-à-dire que la respiration l'emportera sur l'assimilation; on a bien une augmentation du volume de l'atmosphère confinée, mais cette atmosphère a perdu une partie de son oxygène tout en acquérant une plus grande quantité de gaz carbonique ; enfin quand l'insolation et la chaleur seront faibles, les plantes grasses, comme les pommes du Canada adultes et les fruits jeunes des Aurantiacées, diminuent le volume de l'atmosphère confinée qui a perdu plus d'oxygène qu'elle n'a acquis de gaz carbonique.

On voit donc que les plantes grasses et les fruits acides ne présentent pas au soleil une physiologie aussi différente qu'on pourrait le supposer. Ces deux groupes forment une série continue. Aux deux extrémités de cette série, on peut placer d'une part les plantes grasses à parenchyme chloro-

phyllien très développé, de l'autre les fruits mûrs des Aurantiacées (acide citrique). Ces deux groupes se comportent d'une façon absolument différente à la lumière ; mais ils sont reliés entre eux par un certain nombre d'autres termes : plantes grasses très charnues, jeunes fruits à acide malique (pommes, prunes) dont la physiologie offre beaucoup de points communs.

Nous voyons donc qu'il est *facile d'expliquer le dégagement d'oxygène présenté par les plantes grasses et les fruits acides exposés à la lumière, tout en admettant que les acides, à la lumière comme à l'obscurité se détruisent en dégageant du gaz carbonique.*

Telle n'est pas l'opinion de M. Aubert (1). Pour lui, tandis que « l'élévation de la température provoque le *dégagement de gaz carbonique* aux dépens de l'acide malique », la lumière décomposerait ces mêmes acides par un processus tout autre, *en dégageant de l'oxygène.* Aussi explique-t-il d'une manière différente de la nôtre, le dégagement simultané d'oxygène et de gaz carbonique qu'il a observé dans les plantes grasses exposées au soleil ainsi que le montre le passage suivant : « L'oxygène dégagé par la décomposition des acides organiques étant en général supérieur en volume à celui qu'utilise la plante pour sa respiration, l'excès de l'oxygène se dégage en entraînant avec lui l'acide carbonique dû à la respiration du parenchyme incolore. Une partie seulement de cet acide carbonique est réduite lors de son passage à travers le parenchyme chlorophyllien et l'autre partie sort de la plante ». Cette théorie nous paraît bien compliquée; il nous semble en outre qu'elle explique bien moins facilement que la nôtre l'expérience suivante de M. Mangin (2) :

En exposant au soleil des feuilles de fusain injectées d'acide malique et qui, comme nous l'avons vu précédemment offrent à l'obscurité le quotient $\frac{CO^2}{O} > 1$, cet auteur cons-

(1) *Loc. cit.*, pages 61 et 78.
(2) *Loc. cit.*

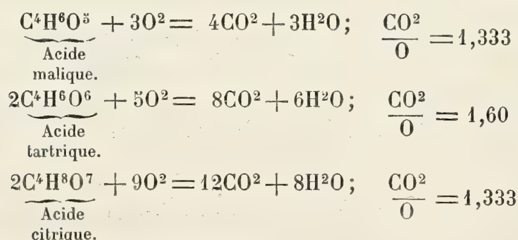
tate qu'elles dégagent « de l'oxygène sans absorption corrélative de gaz carbonique », tandis que des feuilles de la même espèce, injectées d'eau distillée, qui présentent à l'obscurité un quotient inférieur à l'unité, ne dégagent pas dans les mêmes conditions d'oxygène au soleil.

TRANSFORMATION DES ACIDES DANS LES FRUITS.

Pour expliquer que les fruits acides dégagent plus de gaz carbonique qu'ils n'absorbent d'oxygène quand il y a diminution des acides et, au contraire, dégagent moins de gaz carbonique qu'ils n'absorbent d'oxygène quand leur acidité ne varie pas, on peut émettre les trois hypothèses suivantes :

1° Les acides se dédoublent en dégageant du gaz carbonique sans absorber de l'oxygène et ce gaz, venant s'ajouter à celui de la respiration normale, donne un quotient supérieur à l'unité ;

2° Les acides se détruisent entièrement en gaz carbonique et en eau ; pour cela ils empruntent à l'atmosphère l'oxygène nécessaire, mais cette quantité d'oxygène est inférieure à celle du gaz carbonique dégagé ainsi que le montrent les trois équations suivantes :



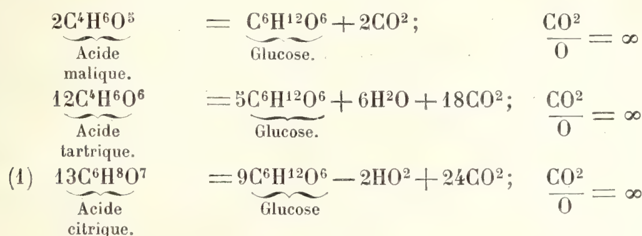
$$\underbrace{C^4H^6O^5}_{\text{Acide malique.}} + 3O^2 = 4CO^2 + 3H^2O; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,333$$

$$\underbrace{2C^4H^6O^6}_{\text{Acide tartrique.}} + 5O^2 = 8CO^2 + 6H^2O; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,60$$

$$\underbrace{2C^4H^8O^7}_{\text{Acide citrique.}} + 9O^2 = 12CO^2 + 8H^2O; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,333$$

3° Les acides en empruntant à l'atmosphère une certaine quantité d'oxygène, se dédoublent en un corps plus oxygéné (gaz carbonique) et en un corps moins oxygéné (hydrates de carbone) ; mais la quantité de gaz carbonique dégagé est supérieure à celle de l'oxygène absorbé.

Les équations suivantes indiquent les limites supérieures au-dessous desquelles sont comprises les valeurs des quotients respiratoires dans ces conditions :



$$\underbrace{2C^4H^6O^5}_{\text{Acide malique.}} = \underbrace{C^6H^{12}O^6}_{\text{Glucose.}} + 2CO^2 ; \quad \frac{CO^2}{O} = \infty$$

$$\underbrace{12C^4H^6O^6}_{\text{Acide tartrique.}} = \underbrace{5C^6H^{12}O^6}_{\text{Glucose.}} + 6H^2O + 18CO^2 ; \quad \frac{CO^2}{O} = \infty$$

$$(1)\ \underbrace{13C^6H^8O^7}_{\text{Acide citrique.}} = \underbrace{9C^6H^{12}O^6}_{\text{Glucose}} - 2HO^2 + 24CO^2 ; \quad \frac{CO^2}{O} = \infty$$

Quant aux limites inférieures, on les obtient en ajoutant une de ces trois équations à un nombre infini de chacune des trois équations d'oxydation complète indiquées précédemment ; elles sont donc fournies par les quotients de ces équations et on peut dire que d'après la troisième hypothèse le quotient doit osciller :

Pour l'acide malique entre 1,333 et l'infini.

Pour l'acide tartrique entre 1,60 et l'infini.

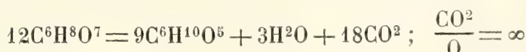
Pour l'acide citrique entre 1,333 et l'infini.

La première hypothèse doit être éliminée. Nous avons en effet trouvé que des oranges (acide citrique), mises dans une atmosphère d'azote et de gaz carbonique, à une température élevée, ne perdent qu'une très petite quantité d'acides, bien que l'expérience ait duré deux mois.

De semblables observations ont été faites sur les plantes grasses à acide malique placées dans une atmosphère d'hydrogène par M. Warburg, M. Aubert, M. Purjewicz.

La deuxième hypothèse n'admet pas de quotients plus élevés que 1,33 pour les acides malique et citrique, 1,60 pour l'acide tartrique. Or, fréquemment dans les fruits acides

(1) Si, comme type d'hydrates de carbone formé, on prend la cellulose au lieu du glucose, on obtient la formule suivante qui a l'avantage de ne pas emprunter de l'eau au milieu où la réaction s'opère :



$$12C^6H^8O^7 = 9C^6H^{10}O^5 + 3H^2O + 18CO^2 ; \quad \frac{CO^2}{O} = \infty$$

entiers et surtout dans les mêmes fruits sectionnés, nous avons obtenu des quotients beaucoup plus élevés.

Quant à la troisième hypothèse, elle explique ces derniers quotients; de plus, elle justifie ce fait que la teneur en sucre des fruits acides augmente pendant la maturation après séparation de l'arbre, alors que l'acidité diminue, sans que, pour les pommes par exemple, la diminution corrélative d'amidon puisse expliquer cette augmentation du sucre. Elle explique aussi l'augmentation du sucre des plantes grasses exposées au soleil, alors que l'acidité diminue (MM. Aubert, Warburg, Purjewicz, etc.). Nous sommes donc amené à envisager comme probable l'hypothèse de la transformation des acides en sucre et en gaz *carbonique*, par oxydation partielle et dédoublement. Malheureusement, les acides sont accompagnés dans les fruits d'un grand nombre d'autres substances, plus difficilement dosables, variant comme eux avec les progrès de la maturation. S'il y a de fortes probabilités pour que le quotient respiratoire supérieur à l'unité soit dû à la destruction des acides et non à celle des autres substances, nous n'avons pas le droit d'affirmer qu'il en est ainsi. L'hypothèse que nous venons d'émettre ne pourra acquérir la valeur d'une certitude que si les acides, séparés de toutes les autres substances, étant donnés en nourriture à une quantité de protoplasma aussi petite que possible, fournissent des hydrates de carbone, par absorption d'oxygène et dégagement d'un volume plus considérable de gaz carbonique. Il faudra, en outre, que le quotient respiratoire obtenu en remplaçant, dans l'expérience précédente, les acides par un mélange de ces acides et de saccharose subisse, avec les changements de température, les mêmes variations que celui des fruits acides, en même temps que le mélange nutritif éprouvera au point de vue de la teneur en acides, les mêmes modifications que ces fruits.

Telles sont les raisons qui nous ont conduit à étudier l'influence de l'aliment et de la température sur la respiration des moisissures.

RESPIRATION DES MOISISSURES.

Les remarques précédentes nous ont amené à employer pour culture des moisissures un appareil permettant :

1° De prélever facilement une petite quantité de l'atmosphère confinée et du liquide nutritif, pour en faire l'analyse ;

2° De renouveler l'atmosphère aseptiquement afin d'éviter pendant toute la durée de l'expérience l'introduction d'organismes étrangers à la moisissure étudiée. Cet appareil se compose d'un ballon de Fernbach de 500 centimètres cubes (Pl. II) dont les deux tubulures latérales *a* sont coiffées d'un tube de caoutchouc fermé lui-même par une baguette de verre. Un tampon d'ouate est appliqué contre l'étranglement que ces tubulures offrent en leur milieu. L'ouverture supérieure *b* présente aussi un tampon d'ouate que traversent de petits tubes, fermés par le haut, effilés et fermés également à la partie inférieure. La fermeture de la portion effilée est effectuée alors que les tubes sont à une température assez élevée pour que, après le refroidissement, il s'y produise un vide relatif. En appuyant sur la partie supérieure des tubes, nous brisons la pointe plongée dans le liquide nutritif ; une petite quantité de celui-ci pénètre alors par aspiration dans le tube et sert pour l'analyse.

L'ouverture supérieure *b* est fermée par un bouchon de liège paraffiné.

Nous mettons dans cet appareil 50 centimètres cubes du liquide nutritif suivant, qui ne diffère de celui de Raulin (1) que par la substitution aux carbonates de potassium et de magnésium des sulfates correspondants (2) et par la suppression de l'aliment organique. Celui-ci est remplacé par

(1) J. Raulin, *Recherches sur le développement d'une Mucédinée dans un milieu artificiel* (Ann. des sc. nat., 1870).

(2) Cette substitution a été opérée dans le but d'avoir l'acide organique complètement à l'état libre et non partiellement combiné aux bases.

1 gramme environ soit d'acide tartrique, soit d'acide malique, soit d'acide citrique.

Voici la composition de la solution minérale :

	gr		gr
Azotate d'ammoniaque.	0,133	Sulfate de zinc.........	0,0023
Phosphate —	0,020	Sulfate de fer.........	0,0023
Sulfate de potassium...	0,020	Silicate de potassium.	0,0023
Sulfate de magnésium..	0,0133	Eau..................	50
Sulfate d'ammoniaque.	0,0083		

L'appareil est stérilisé à l'autoclave. Après refroidissement, le liquide est ensemencé avec quelques spores de *Sterigmatocystis nigra*, puis l'atmosphère est renouvelée par le passage d'un courant d'air lent effectué au moyen des tubulures latérales et de la trompe à eau. Nous préparons ainsi trois ballons qui contiennent, le premier de l'acide tartrique, le second de l'acide citrique et le troisième de l'acide malique ; nous les fermons et les plaçons dans l'étuve à 20°.

Après un laps de temps variable avec la nature de l'acide, on voit se former autour des spores une sphère blanche ; c'est le mycélium qui s'accroît, s'étale en formant une membrane blanchâtre à la surface du liquide sans le recouvrir complètement. Cette membrane présente quelques fructifications isolées; celles-ci recouvrent complètement le mycélium qui devient alors tout à fait noir seulement au moment où l'acide a disparu de la solution nutritive. L'atmosphère confinée est analysée de temps en temps et chaque analyse est effectuée avant la disparition de la moitié de l'oxygène de l'atmosphère.

L'expérience est arrêtée quand les échanges gazeux sont devenus presque nuls. A ce moment le mycélium est desséché à l'étuve et pesé.

Les résultats de l'analyse des atmosphères confinées sont consignés dans les tableaux 37, 38, 39.

1° *Acide tartrique* (tableau 37). — L'examen du tableau 37 montre que 0gr,95 d'acide tartrique ont complètement dis-

TABLEAU 37.

RESPIRATION A 20° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 10 AOUT SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,95 D'ACIDE TARTRIQUE.

DATE DE L'ANALYSE.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ pendant chaque période.	O ABSORBÉ pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.							
	h.	c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
20 août	236,42	64,40	25,35	2,54			
22 —	50, »	125,20	50,46	2,48	305.00	122,52	2,49
23 —	21,66	62,23	25,47	2,44			
24 —	23,08	53,17	21,24	2,48			
Deuxième période. — Il reste 1/5 de l'acide tartrique.							
25 —	25, »	42,65	19,47	2,19			
26 —	22, »	32,19	16,68	1,93	132,00	80,52	1,64
28 —	40,50	29,40	20,85	1 41			
30 —	43,75	27,76	23,52	1,18			
Troisième période. — Il n'y plus d'acide tartrique.							
2 septembre	62,75	19,99	19,99	1, »	19,99	19,99	1 »
	525,16	456,99	223,03	2.05			

Poids du mycélium desséché .... 0gr,16.

paru et ont formé $0^{gr},16$ de mycélium ; pendant la durée de l'expérience, on a observé le dégagement de $456^{cc},99$ de gaz de carbonique pesant $0^{gr},8378$ et l'absorption de $223^{cc},23$ d'oxygène pesant $0^{gr},3025$. Le quotient respiratoire général est $\frac{456,99}{223,23} = 2,05$.

Il n'existe dans le liquide nutritif, après séparation du mycélium, aucune trace de substance organique; nous devons donc retrouver la totalité du carbone de l'acide tartrique, dans le gaz carbonique et dans le mycélium. En admettant que le mycélium privé complètement de ses réserves par autophagie ne soit presque plus formé que de callose, c'est-à-dire d'un hydrate de carbone très voisin de la cellulose, il est facile de calculer la quantité de carbone qu'il contient et, par suite, de vérifier si ce carbone ajouté à celui du gaz carbonique, correspond bien à celui de l'acide tartrique.

Carbone.

Carbone contenu dans $0^{gr},95$ $C^4H^6O^6$	$0^{gr},3040$
— — $0^{gr},8378$ CO^2	0,2285
— — $0^{gr},16$ $C^6H^{10}O^5$	0,0711
Total du carbone contenu dans les nouveaux corps formés	0,2996
Différence entre le carbone disparu et le carbone retrouvé	0,0044

Cette différence minime s'explique très facilement par le dégagement de gaz carbonique pendant le renouvellement de l'atmosphère après chaque analyse.

Pour que la réaction soit bien telle que nous venons de l'esquisser, c'est-à-dire pour qu'il y ait formation d'hydrates de carbone, de gaz carbonique et d'eau, il faut encore que l'oxygène de l'acide tartrique ajouté à l'oxygène absorbé soit égal à la somme de l'oxygène du mycélium, de celui du gaz carbonique et de celui de l'eau formée aux dépens de l'hydrogène de l'acide tartrique non contenu dans le mycélium.

Oxygène.

Oxygène contenu dans $0^{gr},95$ $C^4H^6O^6$............	gr 0,6080
— — — absorbé..........	0,3025
Poids de O^2 disparu pendant la réaction.......	0,9105
Hydrogène contenu dans $0^{gr},95$ $C^4H^6O^6$........	0,0380
— — $0^{gr},16$ $C^6H^{10}O^5$........	0,00988
Poids de l'hydrogène formant de l'eau........	0,02812
Oxygène contenu dans l'eau formée.................	0,22496
— — — $0^{gr},16$ $C^6H^{10}O^5$....	0,07901
— — — $0^{gr},8378$ CO^2......	0,6093
Poids de O contenu dans les nouveaux corps........	0,91327
Différence entre O disparu et O retrouvé............	0,00277

Cette différence est faible. La formation d'une petite quantité de substances albuminoïdes, ainsi que la respiration pendant le renouvellement de l'atmosphère l'explique en partie ; elle entre d'ailleurs dans les limites des erreurs de dosages volumétriques.

Cette étude de l'oxygène et du carbone nous autorise à penser que réellement *l'acide tartrique se transforme sous l'influence du protoplasma, en anhydride carbonique, en hydrates de carbone et en eau.*

Si maintenant nous considérons dans le tableau 37 les échanges gazeux successifs dont la somme constitue l'échange gazeux total que nous venons d'interpréter, nous voyons que sur les $456^{cc},99$ de gaz carbonique dégagé, les 305 premiers centimètres cubes l'ont été avec un quotient voisin de 2,50, les 132 suivants avec un quotient voisin de 1,50 et les 19,99 derniers avec le quotient 1. On peut donc envisager trois phases dans la réaction totale.

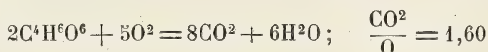
Dès le début de la troisième, on ne constate plus dans le liquide, la présence d'acide tartrique, ni même de matière organique. Dans le cours de cette phase, la respiration est très lente ; le protoplasma vit des réserves très faibles formées aux dépens de l'acide tartrique. Au début de cette période, l'iode colore légèrement en brun une couche tapissant la paroi interne des cellules et cette coloration disparaît

par la chaleur pour réapparaître par le refroidissement; il est donc probable que les réserves sont formées de glycogène ou de dextrines et que ce sont elles qui disparaissent en donnant du gaz carbonique, car la réaction de l'iode ne peut plus être constatée à la fin de l'expérience.

Pendant la première phase, on constate une prolifération abondante du mycélium en même temps qu'une diminution rapide de l'acide tartrique.

Ce dernier doit donc donner alors et du gaz carbonique et des hydrates de carbone (callose et dextrines ou glycogène).

Enfin, pendant la seconde période, le mycélium augmente très peu, l'acide tartrique diminue beaucoup moins pour une même quantité de gaz carbonique dégagé que pendant la première période. Si nous ajoutons que le quotient au lieu d'être voisin de 2,50, se rapproche de 1,50, il nous sera permis de penser que pendant cette seconde période, deux phénomènes se produisent : 1° l'acide tartrique continue à subir la même transformation que pendant la première période; 2° une partie des réserves élaborées pendant cette première période sont oxydés, transformées en gaz carbonique et en eau avec un quotient respiratoire égal à l'unité. Ce dernier quotient vient donc abaisser le quotient dû à l'acide tartrique. Cette interprétation nous semble plus plausible que celle qui consisterait à admettre une combustion plus complète de l'acide tartrique pendant la seconde période que pendant la première. En effet, l'oxydation complète de l'acide tartrique nécessite un quotient égal à 1,60 comme l'indique l'équation :



$$2C^4H^6O^6 + 5O^2 = 8CO^2 + 6H^2O\,; \quad \frac{CO^2}{O} = 1{,}60$$

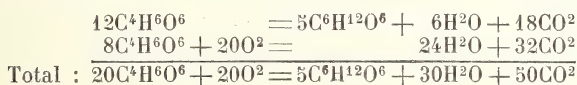
Or sur les 132 centimètres cubes de gaz carbonique dégagé pendant cette seconde période, 71^{cc},50 l'ont été avec les quotients 1,41 et 1,18, inférieurs à 1,60.

Nous pouvons essayer de représenter par une formule chimique la réaction en vertu de laquelle, pendant la

première période, l'acide tartrique donne des hydrates de carbone en dégageant du gaz carbonique et en absorbant de l'oxygène suivant le rapport $\frac{CO^2}{O} = 2,50$.

Il nous suffit d'ajouter à la réaction d'oxydation totale de l'acide tartrique, la réaction donnant le quotient maximum avec formation d'hydrates de carbone.

On a ainsi :



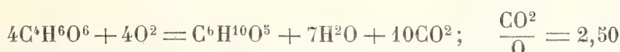
$$\begin{array}{rl} & 12C^4H^6O^6 = 5C^6H^{12}O^6 + 6H^2O + 18CO^2 \\ & 8C^4H^6O^6 + 2O^2 = 24H^2O + 32CO^2 \\ \hline \text{Total :} & 20C^4H^6O^6 + 2O^2 = 5C^6H^{12}O^6 + 30H^2O + 50CO^2 \end{array}$$

et en divisant par cinq :



$$4C^4H^6O^6 + 4O^2 = C^6H^{12}O^6 + 6H^2O + 10CO^2$$

ou en prenant la formule de la cellulose au lieu de celle du glucose.



$$4C^4H^6O^6 + 4O^2 = C^6H^{10}O^5 + 7H^2O + 10CO^2 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 2,50$$

Cette équation nous semble bien près de représenter la réaction, car, non seulement le quotient $\frac{CO^2}{O}$ est de 2,50, comme dans notre expérience; mais encore le rapport $\frac{\text{acide tartrique}}{\text{hydrate de carbone}} : \frac{600}{162} = 3,70$ est voisin du rapport qui existe entre les mêmes éléments dans notre expérience. En effet, le poids 0gr,16 du mycélium épuisé de ses réserves est certainement inférieur et de beaucoup au poids des hydrates de carbone engendrés aux dépens de l'acide tartrique, puisque les réserves hydrocarbonées qu'il contenait ont fourni non seulement les 19cc,99 de gaz carbonique de la troisième période, mais encore une partie du gaz carbonique de la seconde période. Il suffirait d'attribuer aux hydrates de carbone formés le poids de 0gr,25 (ce qui n'a rien d'exagéré) pour avoir comme rapport : $\frac{\text{acide tartrique}}{\text{mycélium}} = \frac{0,95}{0,25} = 3,80$, valeur très voisine de 3,70.

TABLEAU 38.

RESPIRATION A 20° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 8 SEPTEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT $0^{gr},80$ D'ACIDE CITRIQUE.

DATE de L'ANALYSE	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ	O ABSORBÉ	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ pendant chaque période.	O ABSORBÉ pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.							
	h.	c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
12 octobre		44,73	26,74	1,68			
14 —	35, »	42,01	24,80	1,69			
15 —	25,50	27,83	16,60	1,68			
17 —	36, »	52,94	32,44	1,67	361,47	222,32	1,63
18 —	31, »	65,89	39,22	1,68			
20 —	38, »	74,90	48,32	1,55			
22 —	40,50	53,07	34,24	1,55			
Deuxième période. — Il reste 1/10 de l'acide citrique.							
24 —	38, »	36,44	25,80	1,41	79,25	61,23	1,29
28 —	95,50	42,81	35,43	1,21			
Troisième période. — Il n'y a plus d'acide citrique.							
3 novembre	135,50	16,58	18,23	0,91	21,55	28,17	0,76
24 —	496, »	4,97	9,94	0,50			
CO^2 et O, total		462,17	311,76				

$\frac{CO^2}{O}$ moyen 1,48

Poids du mycélium desséché .... $0^{gr},15$

2° *Acide citrique* (tableau 38). — Le tableau 38 montre que $0^{gr},80$ d'acide citrique anhydre ont complètement disparu en fournissant $0^{gr},15$ de mycélium épuisé de ses réserves. Pendant la durée de l'expérience il s'est dégagé $462^{cc},17$ de gaz carbonique pesant $0^{gr},8477$ et il y a eu absorption de $311^{cc},76$ d'oxygène pesant $0^{gr},4226$. Le quotient respiratoire général est donc $\frac{462,17}{311,76} = 1,48$.

Effectuons pour le carbone et l'oxygène les mêmes calculs que ceux que nous avons faits à propos de l'acide tartrique.

Carbone.

C contenu dans	$0^{gr},80$ $C^6H^8O^7$	$0^{gr},30$
C —	$0^{gr},8477$ CO^2	0,2312
C —	$0^{gr},15$ $C^6H^{10}O^5$	0,0666
Total du C entrant dans les nouveaux corps formés		0,2978
Différence entre le C disparu et le C retrouvé.		0,0028

Cette différence très faible s'explique, comme pour l'acide tartrique, par le dégagement de gaz carbonique pendant le renouvellement de l'atmosphère.

Oxygène.

O contenu dans	$0^{gr},80$ $C^6H^8O^7$	$0^{gr},4667$
O	absorbé	0,4226
Poids de O disparu pendant la réaction		0,8893
O contenu dans	H^2O formé	0,192
O —	$0^{gr},15$ $C^6H^{10}O^5$	0,0741
O —	$0^{gr},8477$ CO^2	0,6165
Poids de O contenu dans les nouveaux corps formés		0,8816
Différence entre O disparu et O retrouvé		+0,0077

Cette différence est de même sens que celle du carbone. Elle se trouve expliquée principalement par les échanges gazeux qui continuent à se produire pendant le renouvellement de l'atmosphère, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer au sujet de l'acide tartrique.

Cette étude du carbone et de l'oxygène nous autorise à dire que :

L'acide citrique comme l'acide tartrique emprunte de l'oxygène à l'atmosphère pour se transformer sous l'influence du protoplasma en anhydride carbonique, en hydrates de carbone et en eau.

Si nous considérons, dans le tableau 38, les échanges gazeux successifs dont la somme constitue l'échange gazeux total que nous venons d'interpréter, nous distinguons, comme pour l'acide tartrique, trois phases dans l'émission des $462^{cc},17$ de gaz carbonique.

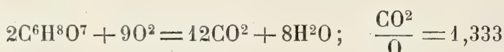
Dans la première phase, $361^{cc},47$ de gaz carbonique (plus des trois quarts de la quantité totale) sont dégagés alors que le quotient est voisin de 1,60 et même, généralement, un peu supérieur à cette valeur.

Dans la seconde phase, $79^{cc},25$ de gaz carbonique sont dégagés alors que le quotient est compris entre 1,41 et 1,21.

Dans la dernière phase pendant laquelle le quotient est inférieur à l'unité, la quantité de CO^2 dégagé n'est plus que $21^{cc},51$. Pour les raisons développées au sujet de l'acide tartrique, nous admettrons :

1° Que la respiration constatée durant la troisième phase correspond à la combustion des hydrates de carbone mis en réserve pendant la première phase.

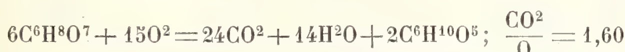
2° Que la respiration observée dans le cours de la deuxième phase correspond à l'oxydation de l'acide citrique avec un quotient semblable à celui de la première phase et à celle des réserves hydrocarbonées accumulées pendant cette première phase ; l'oxydation complète de l'acide citrique nécessite en effet un quotient supérieur à celui (1,21) du 28 octobre comme le montre l'équation :



$$2C^6H^8O^7 + 9O^2 = 12CO^2 + 8H^2O \; ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,333$$

3° Que pendant la première phase, l'acide citrique absorbe l'oxygène de l'atmosphère et se transforme en gaz carbo-

nique, en eau et en hydrates de carbone (callose et glycogène ou dextrines). La formule suivante représente assez exactement la réaction qui se produit pendant cette première phase :



$$6C^6H^8O^7 + 15O^2 = 24CO^2 + 14H^2O + 2C^6H^{10}O^5 ; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,60$$

3° *Acide malique* (tableau 39).

Le tableau 39 montre que $0^{gr},88$ d'acide malique ont complètement disparu, en fournissant $0^{gr},13$ de mycélium épuisé de ses réserves. Le phénomène a donné lieu à un dégagement de $509^{cc},03$ de gaz carbonique, pesant $0^{gr},9331$, et il y a eu absorption de $339^{cc},46$, d'oxygène, pesant $0^{gr},4608$.

Quotient respiratoire général $\frac{509,03}{339,46} = 1,50$.

Carbone.

	gr
C contenu dans $0^{gr},88$ $C^6H^6O^5$	0,3131
C — $0^{gr},9331$ CO^2	0,2545
C — $0^{gr},13$ $C^6H^{10}O^5$	0,0578
Total du C contenu dans les nouveaux corps formés	0,3123
Différence entre le C disparu et le C retrouvé.	0,0008

Cette différence est insignifiante.

Oxygène.

	gr
O contenu dans $0^{gr},88$ $C^4H^6O^5$	0,5254
O absorbé	0,4648
Poids de O disparu pendant la réaction	0,9862
O contenu dans H^2O formée	0,2510
O — $0^{gr},13$ $C^6H^{10}O^5$	0,0642
O — $0^{gr},9331$ CO^2	0,6786
Poids de O contenu dans les nouveaux corps formés	0,9938
Différence entre O disparu et O retrouvé	—0,0076

Comme dans l'acide tartrique et à l'encontre de l'acide citrique, cette différence est de sens inverse de celle du carbone.

TABLEAU 39.

RESPIRATION A 20° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 19 JUIN SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,88 D'ACIDE MALIQUE.

DATE de L'ANALYSE	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ	O ABSORBÉ	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ pendant chaque période.	O ABSORBÉ pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.							
	h.	c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
28 juin	212, »	81,44	46,27	1,76	289,64	176,40	1,64
2 juillet	23, »	88,26	55,16	1,60			
4 —	29,30	40,01	25,01	1,60			
6 —	58,20	79,93	49,96	1,60			
Deuxième période. — Il reste 1/3 de l'acide malique.							
8 juillet	35,63	57,49	37,71	1,49	206,01	46,96	1,40
9 —	36, »	56,36	38,08	1,48			
12 —	67,50	72,00	51,79	1,39			
15 —	71,66	20,16	19,38	1,04			
Troisième période. — L'acide malique a disparu.							
20 juillet	113, »	7,41	8,82	0,84	13,38	16,10	0,83
7 août	435, »	5,97	7,28	0,82			
CO^2 et O, total		509,03	339,46				

$\frac{CO^2}{O}$ moyen 1,50

Poids du mycélium desséché 0gr,13

Conclusions : Ainsi que les deux acides précédents, l'acide malique emprunte de l'oxygène à l'atmosphère pour se transformer sous l'influence du protoplasma en gaz carbonique, en hydrates de carbone et en eau.

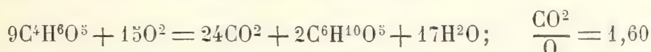
L'étude des échanges gazeux successifs du tableau 39 comme celle des respirations relatées dans les deux précédents tableaux indique trois phases dans l'émission des 509^{cc},03 de gaz carbonique.

Dans la première phase, 289^{cc},64 de gaz carbonique sont dégagés alors que le quotient est égal ou supérieur à 1,60 (quotient moyen de cette période 1,64).

Dans la seconde phase, 206^{cc},01 de gaz carbonique sont dégagés alors que le quotient est compris entre 1,49 et 1,04.

Dans la dernière phase pendant laquelle le quotient est inférieur à 1, on ne constate plus qu'un dégagement de 13^{cc},38 de gaz carbonique.

Ce que nous avons dit des trois périodes correspondantes observées dans les expériences auxquelles nous avons soumis les acides tartrique et citrique, s'applique également aux périodes de combustion de l'acide malique. Nous nous contenterons donc de donner la formule suivante qui représente la réaction correspondant à la première période :



$$9C^4H^6O^5 + 15O^2 = 24CO^2 + 2C^6H^{10}O^5 + 17H^2O; \quad \frac{CO^2}{O} = 1,60$$

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA RESPIRATION DES MOISISSURES EN CULTURE ACIDE.

Maintenant que nous connaissons les caractères de la respiration des moisissures cultivées sur des milieux acides, à une température déterminée (20° par exemple), nous devons rechercher si ces caractères ne varieraient pas avec la température, que celle-ci soit supérieure ou inférieure à 20°.

1° *Températures supérieures à 20°.*

Tant que la température n'est pas assez élevée pour tuer le protoplasma, les réactions vitales sont les mêmes qu'à 20° :

TABLEAU 40.

RESPIRATION A 33° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 24 NOVEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,75 D'ACIDE CITRIQUE ANHYDRE.

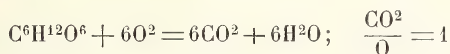
DATE de L'ANALYSE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ pendant chaque période.	O ABSORBÉ pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.							
	h.	c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
2 décembre	192,00	26,33	17,10	1,54	311,14	195,33	1,59
3 —	23,82	36,64	22,34	1,64			
5 —	22,50	54,16	33,23	1,63			
6 —	20,58	21,04	12,75	1,65			
7 —	24.00	88,36	53,88	1,64			
8 —	22,25	84,61	56,02	1,51			
Deuxième période. — Il reste 1/4 de l'acide citrique.							
9 —	20,25	50,40	37,06	1,36	105,38	87,50	1,20
11 —	47,58	54,98	50,44	1,09			
Troisième période. — Il n'y a plus d'acide citrique.							
15 —	96,00	18,38	23,56	0,78	26,63	37,06	0,72
14 janvier	720,00	8.25	13,50	0,61			
CO^2 et O, total		443,15	319,89				
$\frac{CO^2}{O}$ moyen					1,40		
Poids du mycélium desséché					0gr,15		

mêmes quotients, même poids de mycélium formé, mêmes phases successives dans le phénomène respiratoire; l'intensité respiratoire est seule augmentée. C'est d'ailleurs ce qui ressort nettement de l'examen du tableau 40 où sont relevés les chiffres des respirations obtenues à 33° avec 0gr,75 d'acide citrique. C'est aussi ce que montre l'examen des quotients obtenus à 32° avec 0gr,98 d'acide tartrique. Ces quotients sont relevés dans le tableau 41 qui va, en outre, nous servir pour l'étude de l'influence des températures inférieures à 20°.

2° *Températures inférieures à 20°.*

Plaçons à 5° la culture d'acide tartrique, après qu'elle a dégagé, à 32°, 162cc,28 de gaz carbonique avec le quotient caractéristique 2,47 en détruisant 0gr,424 d'acide; elle dégage alors $CO^2 = 13^{cc},21$ avec les quotients 0,89 et 0,76, sans qu'il se produise aucun changement dans l'acidité de la liqueur. Nous devons donc admettre que à 5°, l'acide tartrique n'est pas détruit et que le gaz carbonique dégagé provient de la combustion des réserves hydrocarbonées accumulées dans le mycélium à 32°.

L'oxydation des hydrates de carbone ne nécessite pas, en effet, un quotient supérieur à l'unité



$$C^6H^{12}O^6 + 6O^2 = 6CO^2 + 6H^2O; \quad \frac{CO^2}{O} = 1$$

Ces réserves s'épuisent à la longue, aussi la respiration est-elle d'autant plus faible que la durée de l'expérience est plus considérable. C'est ainsi que dans la première période du temps ($24^h,75$) pendant lequel la culture a été placée à 5°, le dégagement du gaz carbonique est 0cc,280 par heure, tandis que, au contraire, dans la seconde période ($98^h,18$) il ne se dégage plus que 0cc,064 par heure, c'est-à-dire une quantité de gaz carbonique cinq fois moindre. Le mycélium privé ainsi de ses réserves, porté à 33°, se nourrit de nouveau d'acide tartrique (nouvelle diminution de 0gr,42 de cette substance) aux dépens duquel il s'accroît et renouvelle ses réserves. On

TABLEAU 41.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 16 DÉCEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,984 D'ACIDE TARTRIQUE.

Température variable.

DATE DE L'ANALYSE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉRATURE.	ACIDE TARTRIQUE entrant dans la liqueur.	CO^2 DÉGAGÉ en chaque expérience par heure.	CO^2 DÉGAGÉ en chaque expérience.	CO^2 DÉGAGÉ en chaque période.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
	h.		gr.	c.c	c.c.	c.c.	c.c.	
19 décembre.........	69,50	32°			69,08	162,28	27,97	2,47
20 —	13,18	32°			93,20		37,73	2,47
			0,55					
21 —	24,75	5°		0,280	6,92	13,21	7,77	0,89
25 —	98,18	5°		0,064	6,29		8,28	0,76
			0,55					
26 —	28,12	33°			108,80	194,18	50,83	2,12
27 —	11,18	33°			85,38		40,08	2,13
			0,13					
29 —	46,00	8°		0,247	11,34	22,55	11,34	1,00
4 janvier............	145,00	8°		0,077	11,21		14,02	0,80
			0,13					
9 —	117,82	12°			22,13		17,03	1,30
20 —	262,25	14°			39,87		29,76	1,34
			0,00					
20 —	7,33	33°		0,780	5,19	10,72	6,48	0,80
3 février............	336,00	33°		0,016	5,53		9,22	0,60
			0,00					
		Total......................			464,94	....	260,52	
						$\frac{CO^2}{O}$ moyen..........		1,78

Poids du mycélium............................ 0gr,17

constate, en effet, dans l'espace de $39^h,60$, c'est-à-dire en trois fois moins de temps qu'à 5°, un dégagement quinze fois plus intense de gaz carbonique ($194^{cc},18$) avec un quotient supérieur à 2 (2,12 et 2,13). Ces nouvelles réserves seules sont utilisées pour la respiration du mycélium, quand nous plaçons celui-ci de nouveau à une basse température (8°); car, de même qu'à 5°, l'acidité du milieu ne varie pas, pendant les 191 heures où le mycélium dégage $22^{cc},55$ de gaz carbonique avec les quotients 1 et 0,80.

A 8° comme précédemment à 5°, pendant le 46 premières heures, la respiration est bien moins faible ($CO^2 = 0^{cc},247$ par heure) que pendant les 145 heures suivantes ($CO^2 = 0^{cc},077$ par heure).

Si les températures de 5° et de 8° sont trop basses pour que l'acide tartrique soit utilisé comme aliment par le Sterigmatocystis nigra, il n'en est pas de même pour les températures de 12° et de 14°; les $0^{gr},13$ d'acide tartrique restant sont, en effet, détruits à ces températures et le quotient respiratoire est supérieur à l'unité; mais il n'est que de 1,30 à 1,34, au lieu de 2,47, valeur qu'il présentait au début. C'est que, une certaine quantité des réserves qui n'avaient pas été consommées à 8°, sont utilisées à ces températures, ce qui diminue le quotient dû à l'acide tartrique. Pour démontrer qu'il existait encore des réserves à ce moment, nous avons porté à 33° notre culture où l'analyse ne décèle plus la présence de l'acide tartrique; nous avons encore observé un dégagement de gaz carbonique, avec un quotient inférieur à l'unité; mais ce dégagement relativement fort au début ($0^{cc},78$), devient insignifiant ensuite ($0^{cc},0165$).

En détruisant ainsi, à basse température, les hydrates de carbone formés à haute température aux dépens de l'acide tartrique, nous avons obtenu une quantité de réserves plus considérable que par la culture à température constante. Aussi la quantité de gaz carbonique dégagé, avec un quotient égal ou inférieur à l'unité, est-elle beaucoup plus considérable dans le premier cas ($46^{cc},48$) que dans le se-

cond ($19^{cc},99$). Il en résulte un abaissement du quotient respiratoire général qui n'est plus que 1,78 au lieu de 2,05.

L'acide citrique nous a donné les mêmes résultats que l'acide tartrique, il se comporte à 4° comme ceux-ci, c'est-à-dire qu'il n'est pas décomposé; mais à 8° déjà, on voit apparaître le quotient supérieur à l'unité.

Nous pouvons donc généraliser comme il suit les observations faites sur l'acide tartrique :

Les acides tartrique, citrique et malique ne sont capables de servir d'aliments au STERIGMATOCYSTIS NIGRA *qu'à partir d'une certaine température, variable avec la nature de l'acide. Ces aliments ne subissent pas par oxydation une transformation complète en gaz carbonique et en eau. Ils fixent de l'oxygène et dédoublent leur molécule en corps plus oxygénés (eau et gaz carbonique) et en corps moins oxygénés (hydrates de carbone). Cette réaction, indépendante de la température, mais variable avec la nature de l'acide, se produit de telle façon que la quantité de gaz carbonique émise est supérieure pour les trois acides à la quantité d'oxygène absorbée. Le quotient respiratoire est voisin de* 2,50 *pour l'acide tartrique et de* 1,60 *pour les acides citrique et malique.*

RAPPROCHEMENTS ENTRE LA RESPIRATION DES MOISISSURES ET CELLE DES FRUITS SUCRÉS ACIDES.

Dans l'étude de la respiration des pommes (reinettes grises) qui contiennent de l'acide malique, nous avons fréquemment observé des quotients voisins de 1,60, c'est-à-dire semblables aux quotients constatés pendant la première période de la respiration des moisissures cultivées sur une solution d'acide malique. C'est ce que montrent les exemples suivants relevés au cours de cette étude :

Pommes entières.

8 octobre....... $\frac{CO^2}{O} = 1,69$ (Tableau 4).

9 — .... $\frac{CO^2}{O} = 1,66$

9 octobre....... $\frac{CO^2}{O} = 1,60$ (Tableau 3).

20 — .... $\frac{CO^2}{O} = 1,60$ (Tableau 13).

Pommes sectionnées.

21 octobre....... $\frac{CO^2}{O} = 2,45$ (Tableau 13).

27 — .... $\frac{CO^2}{O} = 1,51$ (Tableau 14).

Nous avons rencontré des quotients de même valeur, avec les fruits de l'amandier (1,50 ; 1,70 ; 1,83) et avec les nèfles du Japon (1,58), fruits qui contiennent, comme les pommes, de l'acide malique.

De même les mandarines et les oranges qui contiennent principalement de l'acide citrique nous ont également présenté des quotients voisins de 1,60, c'est-à-dire semblables aux quotients observés pendant la première phase de la respiration des moisissures cultivées sur des solutions d'acide citrique. C'est ainsi que nous relevons dans le tableau 29 ainsi qu'un peu plus loin les quotients suivants :

Orange entière rouge.................... $\frac{CO^2}{O} = 1,59$

Endocarpe d'une mandarine verte........ $\frac{CO^2}{O} = 1,52$

Endocarpe d'une mandarine vert jaunâtre. $\frac{CO^2}{O} = 1,78$

Endocarpe d'une mandarine jaune....... $\frac{CO^2}{O} = 1,62$

Puisque ces quotients élevés sont accompagnés dans les fruits d'une diminution des acides semblables à la diminution des acides dans les cultures de moisissures, nous pouvons penser que, pour les exemples cités plus haut, les *acides citrique et malique se comportent dans les fruits comme dans nos cultures, c'est-à-dire qu'ils forment des hydrates de carbone avec absorption d'oxygène et dégagement d'un volume plus considérable de gaz carbonique.*

Le quotient 2,50, caractéristique de la première période des cultures de moisissures sur solution tartrique, n'a jamais été rencontré avec les raisins et les alkékenges où cet acide domine; maintes fois, cependant, avec les raisins sectionnés et privés de leurs graines, nous avons trouvé des quotients voisins du chiffre 2,05 qui représente le quotient général de la respiration des cultures d'acide tartrique où du mycélium a été formé en quantité notable. Il semble donc que, à certains moments, l'acide tartrique se comporte dans les fruits comme dans nos cultures et forme des hydrates de carbone comme les acides malique et citrique.

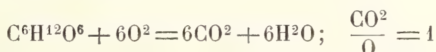
Mais, nous devons reconnaître que souvent les fruits contenant de l'acide malique ou citrique et, généralement, les fruits renfermant de l'acide tartrique nous ont donné des quotients respiratoires qui, tout en étant supérieurs à l'unité, sont très inférieurs aux quotients précédents. Ils correspondent à peu près à ceux que nous avons relevés pendant la deuxième période de la respiration des cultures acides. Or, dans les fruits charnus acides, les acides sont mélangés à des hydrates de carbone (saccharoses, glucoses, amidon); il se pourrait donc que les quotients observés, de même que ceux de la deuxième période de nos cultures, soient dus à ce fait que le fruit utilise au même instant, deux aliments différents : l'acide avec le quotient caractérisque de la première période des cultures acides, les hydrates de carbone avec le quotient au plus égal à l'unité ; ce serait cette dernière respiration qui abaisserait le quotient élevé de la première pour fournir les valeurs intermédiaires que nous venons de signaler.

Pour vérifier cette hypothèse, il est nécessaire d'instituer une nouvelle série d'expériences et d'étudier la respiration du Sterigmatocystis nigra cultivé sur la solution minérale indiquée plus haut et dans laquelle nous aurons fait dissoudre un mélange de saccharose et d'acides. Si les considérations que nous venons de formuler sont exactes, les quotients respiratoires obtenus avec les cultures soumises à diverses

températures devront être de même valeur que les quotients observés avec les fruits acides placés dans les mêmes conditions.

Le quotient de ces cultures devra présenter aussi, à ces diverses températures, les mêmes modifications que le quotient respiratoire des moisissures cultivées sur les acides purs; celui-ci devra donc être tantôt supérieur, tantôt inférieur à l'unité, s'il est vrai, comme nous l'avons admis, que les acides donnent, aux températures élevées, des substances hydrocarbonées qui, seules, servent d'aliment à la moisissure, à basse température.

Enfin, comme toutes nos suppositions partent de cette idée que la combustion des hydrates de carbone se fait avec un quotient au plus égal à l'unité,



$$C^6H^{12}O^6 + 6O^2 = 6CO^2 + 6H^2O; \quad \frac{CO^2}{O} = 1$$

nous devons tout d'abord vérifier cette manière de voir en étudiant la respiration du *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur la solution minérale sucrée.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA CULTIVÉ SUR UNE SOLUTION MINÉRALE SUCRÉE A 20°.

Le tableau 42 montre que $0^{gr},90$ de saccharose prennent $439^{cc},03$ d'oxygène à l'atmosphère pour donner naissance à $0^{gr},23$ de mycélium en dégageant $408^{cc},81$ de gaz carbonique : Quotient respiratoire général $\frac{CO^2}{O} = \frac{408,81}{439,03} = 0,93$. Il est inférieur à l'unité et, par suite, l'ensemble du phénomène correspond bien à une simple oxydation du saccharose. Mais, si nous examinons les échanges gazeux successifs relevés dans le tableau 42, nous voyons que les deux premiers quotients diffèrent du quotient général et de tous les autres quotients partiels parce qu'ils sont légèrement supérieurs à l'unité. Bien qu'ils ne soient en aucun point comparables

TABLEAU 42.

RESPIRATION A 20° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 12 SEPTEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,90 DE SUCRE.

DATE DE L'ANALYSE.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
	h.	c.c.	c.c.	
19 septembre........	123,00	62,04	60,46	1,05
20 —	8,50	39,43	35,84	1,10
20 —	13,18	55,46	55,46	1,00
21 —	12,42	49,11	50,11	0,98
22 —	16,75	35,82	38,51	0,93
23 —	27,58	25,41	31,76	0,80
26 —	69,75	36,25	41,67	0,87
30 —	95,50	32,62	39,31	0,83
8 octobre..........	182,00	32,57	35,79	0,91
25 —	408,00	40,10	50,12	0,80
CO^2, et O total.............		408,81	439,03	
$\frac{CO^2}{O}$ moyen................				0,93
Poids du mycélium desséché.......... 0gr,23				

aux quotients très élevés des acides, il n'en reste pas moins acquis que la simple oxydation du saccharose ne peut pas expliquer ces deux quotients. Nous devons donc admettre qu'il se produit au début du développement de notre moisissure, une autre réaction qui disparaît très rapidement pour faire place à l'oxydation complète du saccharose ; cette réaction est celle qui détermine la formation des substances albuminoïdes aux dépens du saccharose et de l'azote du nitrate d'ammoniaque. Les substances albuminoïdes contiennent moins d'oxygène et plus de carbone que le sucre. Pour devenir substance albuminoïde, ce dernier a donc besoin de perdre de l'oxygène : soit à l'*état libre*, soit à l'état de corps *plus oxygéné que le sucre* (*gaz carbonique*) ; en même temps que cette réaction s'accomplit une autre partie du saccharose se trouve brûlée ; dans la première hypothèse, l'*oxygène devenu libre* est utilisé pour cette combustion ; l'atmosphère fournit donc une quantité d'oxygène inférieure à celle qu'elle devrait fournir et, par suite, le volume de l'oxygène absorbé est

inférieur au volume du gaz carbonique émis ; donc $\frac{CO^2}{O} > 1$; dans la seconde hypothèse, l'*anhydride carbonique dégagé* lors de la formation des albuminoïdes, vient s'ajouter aux gaz produits par la combustion du saccharose, d'où résulte encore le dégagement d'un volume de gaz carbonique supérieur au volume de l'oxygène absorbé : donc encore $\frac{CO^2}{O} > 1$. Le mode de croissance de notre moisissure explique pourquoi le quotient de notre culture devient rapidement inférieur à l'unité. On sait que, lorsque le filament mycélien s'allonge par la formation de nouvelles cellules, le protoplasma des cellules plus âgées passe tout entier dans les cellules en voie de formation, de sorte que les anciennes ne représentent qu'un squelette de callose ; il n'y a donc plus formation de nouvelles quantités de substances albuminoïdes et l'accroissement se réduit en somme à des formations cellulosiques ; à partir de ce moment, tout le saccharose se transforme donc : en callose d'une part et, de l'autre, en acide carbonique et en eau, la deuxième réaction (combustion complète du saccharose) fournissant la chaleur nécessaire à la condensation, avec élimination d'eau du saccharose en hydrate de carbone insoluble ; aussi, quand on ajoute à la solution nutritive affaiblie une nouvelle quantité de sucre, les nouveaux quotients observés sont-ils tous inférieurs à l'unité.

Toutes ces considérations nous autorisent à éliminer les deux premiers quotients du tableau 42, ce qui nous permet de dire que :

Le quotient respiratoire des moisissures cultivées sur des milieux sucrés n'est pas supérieur à l'unité.

Comme dans les fruits séparés de l'arbre il ne se produit pas de nouvelles quantités de substances albuminoïdes, nous devrons, dans l'étude de la respiration des fruits sucrés et acides, ainsi que dans celle des moisissures cultivées sur milieu acide et sucré, nous rappeler que *la destruction du sucre se fait avec un quotient au plus égal à l'unité.*

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA CULTIVÉ SUR UNE SOLUTION CONTENANT DU SACCHAROSE ET DE L'ACIDE TARTRIQUE.

1° *Respiration à* 20°. — Nous avons placé à 20°, un de nos ballons ensemencés dans la solution minérale duquel nous avions préalablement fait dissoudre 0gr,956 d'acide tartrique et 0gr,932 de saccharose. La culture qui en résulte a dégagé 949cc,76 de gaz carbonique et a absorbé 749cc,57 d'oxygène ; le quotient respiratoire général est $\frac{CO^2}{O} = 1{,}26$ et il s'est formé 0gr,36 de mycélium.

Or un poids d'acide tartrique très voisin de la quantité mise dans notre culture a fourni les résultats suivants (tableau 37) :

CO^2 dégagé	456cc,99
O absorbé	223cc,03
$\frac{CO^2}{O} =$	2,05
P. du mycélium	0gr,16

De même un poids de saccharose voisin de celui mis dans la culture fournit les chiffres suivants (chiffres du tableau 42 augmentés pour CO^2 et O du 10e, le poids du saccharose de la culture 42 étant inférieur de 1/10 à celui du saccharose de la culture mixte 43) :

CO^2 dégagé	449cc,69
O absorbé	482cc,93
$\frac{CO^2}{O} =$	0,93
P. du mycélium	0gr,253

L'addition des quantités de gaz carbonique, d'oxygène et de mycélium de ces deux dernières cultures donne :

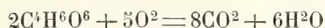
CO^2 dégagé	906cc,68
O absorbé	705cc,96
$\frac{CO^2}{O} =$	1,28
P. du mycélium	0gr,413

La comparaison des valeurs ainsi obtenues aux résultats fournis par la culture mixte 43, met en évidence des rapprochements frappants ; les deux quotients sont presque identiques ; le poids du mycélium, les volumes de gaz carbonique absorbé, d'oxygène absorbé sont également très voisins, si bien qu'il nous est permis de dire que : *Le saccharose et l'acide tartrique donnés simultanément comme aliments aux moisissures semblent se comporter comme si chacun était isolé ; l'un et l'autre fournissant par fixation d'oxygène : du gaz carbonique et des hydrates de carbone.*

Rien ne permettait de prévoir ce fait important.

En effet, nous devions nous attendre à ce que, des deux corps mis en présence, celui qui se rapproche le plus de la cellulose se transformât en cette dernière, tandis que la chaleur nécessaire à cette transformation aurait été fournie par la combustion complète de l'autre corps. Comme le saccharose ne semble devoir subir qu'une condensation avec perte d'eau pour devenir cellulose, il était naturel de supposer que ce fût lui qui fournit cette dernière, l'acide tartrique étant au contraire brûlé complètement. On voit qu'il semble n'en rien être et que, chaque substance paraît fournir la chaleur nécessaire pour la transformation d'une certaine portion de cette substance en hydrates de carbone de réserve et en callose.

Les quotients respiratoires partiels 1,77 et 1,86 (2 et 3 août), viennent confirmer cette manière de voir. Nous avons vu en effet que l'oxydation complète de l'acide tartrique se fait d'après l'équation :



$$2C^4H^6O^6 + 5O^2 = 8CO^2 + 6H^2O$$

D'où le quotient $\frac{CO^2}{O} = \frac{8}{5} = 1,60.$

En supposant même que, à ces dates du 2 et du 3 août, aucune parcelle de saccharose ne fût oxydée, le quotient ne devrait pas dépasser 1,60, s'il y avait oxydation complète de l'acide tartrique. Puisqu'il en est autrement, nous

sommes obligé d'admettre que : *Incontestablement, à ces dates, l'acide tartrique mélangé à du saccharose, donne naissance à des hydrates de carbone*, et cette constatation nous donne le droit de croire que, *tant qu'il existe de l'acide tartrique dans la liqueur et que le quotient est supérieur à l'unité, la réaction est la même, mais le quotient caractéristique de la formation d'hydrates de carbones par l'acide tartrique est masqué par le quotient inférieur à l'unité dû au saccharose.*

Si, maintenant nous considérons l'ensemble des résultats inscrits dans le tableau 43, nous voyons que la respiration comprend trois phases :

Dans la première, la liqueur contenant de l'acide et du saccharose, le quotient est supérieur à l'unité.

Dans les deux autres, le quotient est inférieur à l'unité. Tandis que, dans la seconde phase, si la liqueur ne contient plus d'acides, elle possède encore du saccharose, dans la troisième, le liquide ne présente plus trace de matière organique, et le mycélium respire en brûlant uniquement ses réserves. Dans notre expérience à 20°, la seconde phase est insignifiante, puisque la solution ne présente que $0^{gr},05$ de sucre et que la quantité de gaz carbonique dégagé n'est que le 20e de celle qui est dégagée pendant la première phase. Nous pouvons donc dire que : à 20°, l'*acide tartrique constitue pour le* STERIGMATOCYSTIS NIGRA, *un aliment aussi facilement assimilable que le saccharose; il disparaît de la liqueur nutritive aussi rapidement que ce dernier.*

Les résultats de cette expérience paraissent différer un peu de ceux obtenus par M. Duclaux. En effet ce savant a constaté que « lorsque la mucédinée pousse sur du liquide Raulin complet, contenant du sucre et de l'acide tartrique, la destruction de l'acide tartrique ne commence qu'à la fin de l'expérience, lorsque la plante a poussé, a consommé presque tout le sucre et lorsque ce sucre devient rare » (1), de sorte que « l'acide tartrique peut rester inal-

(1) Duclaux, *Chimie biologique*, 1883, p. 214-215.

TABLEAU 43.

RESPIRATION A 20° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 24 JUILLET SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,956 D'ACIDE TARTRIQUE ET 0gr,932 DE SUCRE.

DATE de L'ANALYSE	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	ASPECT de la CULTURE	CO^2 DÉGAGÉ	O ABSORBÉ	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ pendant chaque période.	O ABSORBÉ pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.								
	h.		c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
30 juillet.....	134,33		29,17	27,01	1,08			
31 —	19,75		67,57	55,85	1,21			
31 —	10,25		60,57	46,24	1,31			
1er août......	11,66		59,56	47,65	1,25			
1er —	9,82		38,13	32,59	1,17			
2 —	11,66		36,78	27,05	1,36			
2 —	9, »		32,83	18,55	1,77			
3 —	14,50	Mycélium blanc. Sporulation très faible	49,07	26,39	1,86			
4 —	21,33		54,26	34,13	1,59			
5 —	24,75		55,57	39,13	1,42	852,63	645,10	1,32
6 —	25,50		47,68	32,66	1,46			
7 —	20,33		32,68	21,79	1,50			
8 —	26,82		37,96	26,36	1,44			
10 —	37,58		59,40	42,21	1,44			
12 —	43,66		58,56	50,48	1,16			
13 —	31,25		40,86	32,95	1,31			
15 —	22,42		25,11	21,64	1,15			
17 —	36, »		31,11	28,03	1,11			
19 —	46, »		35,76	34,39	1,04			
2e *Période.— Il n'y a plus que des traces d'ac. tartrique et* 0gr,05 *de sucre.*								
20 août	29,75	La sporulation est plus active.	20,55	20,55	1, »	48,89	49,17	0,99
23 —	66, »		28,34	28,62	0,99			
Troisième période. — Il n'y a plus ni acide tartrique ni sucre.								
31 août	185,75	Spor. intense Toute la surf. du mycél. est noire	31,54	35,45	0,89	48,24	55,10	0,87
7 septembre.	162, »		16,70	19,65	0,85			
CO^2 et O total............			949,76	749,57				

$\frac{CO^2}{O}$ moyen.. 1,26

Poids du mycélium................................ 0gr,36

téré si l'on interrompt l'action à temps, avant la complète disparition du sucre ».

L'abaissement au-dessous de l'unité du quotient respiratoire des fruits acides, par leur exposition à une basse température, le même abaissement au-dessous de l'unité du quotient fourni par les cultures en milieu acide et le maintien du degré de l'acidité de la liqueur nutritive pendant toute la durée de la respiration aux basses températures, l'arrêt même au bout d'un certain temps de la respiration des moisissures placées dans ces conditions, tous ces faits nous conduisent à supposer que la différence entre les résultats observés par M. Duclaux et les nôtres est due à ce que ce savant a opéré à une température moins élevée que nous. C'est d'ailleurs ce qui ressort de l'étude de la respiration aux températures supérieures et inférieures à 20°, du *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur des solutions acides et sucrées.

2° *Respiration aux températures supérieures à* 20°. — Le tableau 44 donne les chiffres de la respiration à 37° du *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur une solution minérale contenant 0gr,98 d'acide tartrique et 0gr,975 de saccharose. On voit de suite que, à cette température comme à 20°, il faut distinguer trois périodes dans la respiration. La troisième est identique pour ces deux températures; c'est la période de l'autophagie, pendant laquelle la moisissure pousse des fructifications abondantes. Quant aux deux autres périodes, elles diffèrent beaucoup à 37° et à 20°.

1° Dans la culture à 37°, le quotient respiratoire est plus élevé au-dessus de l'unité pendant la première période et plus inférieur à l'unité pendant la seconde que dans la culture à 20°, pendant les périodes correspondantes.

2° La quantité de gaz carbonique dégagé pendant la première période n'est que cinq fois et demie plus forte que pendant la seconde à 37°, tandis qu'elle était vingt fois plus fort à 20°. Aussi la liqueur nutritive qui, aux deux températures, ne possède pas d'acide tartrique au début de la

TABLEAU 44.

RESPIRATION A 37° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 24 JUILLET SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,98 D'ACIDE TARTRIQUE ET 0gr,975 DE SUCRE.

DATE de l'analyse.	DURÉE de l'expérience.	ASPECT de la culture.	CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 dégagé pendant chaque période.	O absorbé pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.								
	h.		c.c.	c.c.				
26 juillet.....	41,43	Mycélium blanc, pas de sporulation.	42,52	35,73	1,19			
27 —	17,50		117,20	82,51	1,42			
27 —	8,33		23,26	18,17	1,28			
28 —	11,75		43,66	22,50	1,94			
28 —	9,66		44,99	29,79	1,51			
29 — (1).	12,50	Sporulation abondante.	61,08	52,66	1,16			
29 — (1)..	9,58		47,22	45,41	1,04			
30 —	10,82	Nouvel accroissement du mycélium.	64,60	47,50	1,36	825,72	585,27	1,41
30 —	8,25		72,14	44,06	1,63			
31 —	11,42		76,98	45,82	1,68			
31 —	7,66		47,99	30,37	1,58			
1er août....	11,66		70,54	41,25	1,71			
1 —	8,75		45,86	30,17	1,52			
2 —	12,08		45,27	38,19	1,33			
2 —	9,00		22,41	21,14	1,06			
Deuxième période. — Il reste 0gr,25 de sucre, mais plus d'acide tartrique.								
3 août......		Le mycélium continue à s'accroître.	42,99	43,42	0,99			
5 —			52,73	57,95	0,91	151,69	167,22	0.91
10 —			55,97	65,85	0,85			
Troisième période. — Il n'y a plus ni acide tartrique ni sucre.								
15 août......		Sporulation intense. Toute la surface du mycélium est noire.	23,68	28,53	0,83	45,78	63,06	0,73
8 septembre.			22,10	34,53	0,64			
CO^2 et O total...............			1023,19	815,55				

$\frac{CO^2}{O}$ moyen 1,25

Poids du mycélium desséché........ 0gr,37

(1) Les quotients très faibles 1,16 et 1,04 signalés dans le tableau 44, au milieu de la première période le 29 juillet, alors que le mycélium se couvre de spores, indiquent que celui-ci, à ce moment, ou bien se nourrit presque exclusivement de saccharose, ou bien utilise les réserves hydrocarbonées qu'il possède. L'âge de la culture semble donc avoir une influence sur la respiration et la nutrition des moisissures. Nous ne pouvons que signaler ce fait dans ces recherches spécialement dirigées en vue d'étudier les relations qui existent entre la disparition des acides et le quotient respiratoire.

seconde période, contient-elle encore à ce moment le quart du saccharose primitif à 37°, tandis qu'à 20°, elle n'en contient que le vingtième seulement.

3° Il existe une bien plus grande quantité de gaz carbonique formé avec un quotient supérieur au quotient (1,60) d'oxydation complète de l'acide tartrique, pendant la première période, à 37° qu'à 20°. Ce fait s'explique facilement parce que, à 37°, la quantité de saccharose détruit pendant cette période, est moindre qu'à 20°. Cette augmentation, quand il y a moins de saccharose détruit, dans la quantité de gaz carbonique formé avec un quotient caractéristique de la production d'hydrates de carbone aux dépens de l'acide tartrique, vient à l'appui de l'hypothèse que nous avons émise précédemment, d'après laquelle les quotients supérieurs à l'unité, mais inférieurs au quotient d'oxydation complète de l'acide tartrique, qui ont été constatés dans la respiration des moisissures cultivées sur un milieu sucré et acide, seraient des quotients de formation d'hydrates de carbone, abaissés par la combustion du saccharose.

Conclusions. — Aux températures élevées, l'acide tartrique constitue pour le Sterigmatocystis nigra *un aliment plus facilement assimilable que le saccharose ; aussi, cette moisissure cultivée sur une solution contenant des poids égaux des deux aliments fait-elle disparaître beaucoup plus rapidement l'acide tartrique que le sucre. Il en résulte qu'en interrompant à temps l'action de la moisissure, on constate dans la liqueur une notable proportion de sucre, tandis que l'acide a complètement disparu.*

3° *Respiration aux températures inférieures à* 20°. — Des filaments mycéliens de *Sterigmatocystis nigra* que l'on a cultivés, à 12°, sur une solution contenant $0^{gr},33$ d'acide tartrique et $0^{gr},98$ de saccharose, ont fait disparaître complètement l'aliment, avec dégagement de $537^{cc},97$ de gaz carbonique et absorption de $553^{cc},05$ d'oxygène. Le quotient général $\frac{CO^2}{O} = \frac{537,97}{553,05} = 0,97$, est inférieur à l'unité.

TABLEAU 45.

RESPIRATION A 12° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 18 JANVIER SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,33 D'ACIDE TARTRIQUE ET 0gr,98 DE SUCRE.

DATE de l'analyse.	DURÉE de l'expérience.	ASPECT de la culture.	CO_2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO_2}{O}$	CO_2 dégagé pend. chaque période.	O absorbé pend. chaque période.	$\frac{CO_2}{O}$ de chaque période.
	h.		c.c.	c.c.	c.c.	c.c.	c.c.	
		1re *Période* (*a*).						
29 janvier			35,15	39,50	0,89			
1er février	64,92		21,17	25,20	0,84			
6 —	117,00	Mycélium blanc,	46,94	46,94	1,00			
11 —	120,25		62,52	57,89	1,08	275,54	281,01	0,98
14 —	59,50	sporulation insensible.	41,40	40,99	1,01			
16 —	37,50		28,71	29,61	0,97			
18 —	56,75		39,65	40,88	0,97			
		1re *Période* (*b*). — Il reste 0gr,28 d'acide tartrique et 0gr,41 de sucre.						
20 —	43,42		29,73	28,60	1,04			
22 —	39,33	Mycélium blanc,	28,10	23,04	1,22			
24 —	46,33		31,54	25,83	1,22	145,75	124,66	1,17
26 —	46,82	sporulation faible.	31,11	24,50	1,27			
28 —	56,92		25,27	22,57	1,12	421,29	405,67	1,04
		2e *Période*. — Il reste 0gr,08 de sucre mais plus d'acide tartrique.						
4 mars	93,58	Mycélium blanc, sporulation un peu plus abondante.	20,50	23,29	0,88	51,64	59,49	0,87
11 —	168,00		31,14	36,20	0,86			
		3e *Période*. — Il n'y a plus ni sucre ni acide tartrique.						
19 —	190,50	Surface du mycélium noire, sporulation très intense.	30,93	41,80	0,74	65,04	87,89	0,74
3 avril	358,00		34,11	46,09	0,74			
		Total	537,97	553,05				
		$\frac{CO_2}{O}$ moyen			0,97			
		Poids du mycélium desséché				0gr,25		

Si l'on se contentait de cette vue d'ensemble du phénomène, on aurait le droit de s'étonner de ne pas distinguer dans cette respiration l'influence de l'acide tartrique. Cependant cette influence apparaît nettement, lorsqu'on examine les échanges gazeux successifs relevés dans le tableau 45, puisqu'un certain nombre d'entre eux présentent des quotients supérieurs à l'unité. Nous sommes donc amené à distinguer trois périodes dans la respiration de notre moisissure à 12°, comme nous l'avons fait pour les températures de 37° et de 20°.

Dans la troisième période ou période d'autophagie, rien de particulier.

Quant à la seconde, elle se rapproche beaucoup de la période correspondante observée à 20°, car la quantité d'anhydride carbonique dégagé est faible par rapport à la quantité dégagée pendant la première période, et elle est due en grande partie, comme à 20°, à la combustion des réserves accumulées dans le mycélium, puisque la liqueur au début de cette période, n'offre plus d'acide tartrique et ne contient qu'une très faible quantité de saccharose. C'est pendant la première période que, à 12° comme à 20° et à 37°, on rencontre des quotients supérieurs à l'unité; mais ceux-ci n'apparaissent, à 12°, qu'à la fin de la période, tandis qu'au début et pendant la plus grande partie de cette période, on ne rencontre que des quotients inférieurs à l'unité.

C'est ainsi que du 29 janvier au 18 février (phase *a*), $275^{cc},54$ de gaz carbonique sont émis par la culture, avec un quotient inférieur à l'unité (0,98); pendant cette phase la liqueur ne perd qu'une quantité très faible d'acide tartrique (1/6), tandis que les 3/4 du saccharose disparaissent. Au contraire, du 20 février au 28 février (phase *b*), $145^{cc},75$ de gaz carbonique sont dégagés avec un quotient supérieur à l'unité (1,17). Pendant ce temps les 5/6 d'acide tartrique restant disparaissent, tandis que la liqueur ne perd qu'un cinquième du poids primitif du saccharose.

On voit donc que, à 12°, le procès physiologique du *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur une solution sucrée et acide, est bien celui indiqué par M. Duclaux.

Le sucre est d'abord brûlé en grande partie et la respiration se fait avec un quotient inférieur à l'unité ; puis l'acide est attaqué par la moisissure en même temps que le restant du sucre, et la respiration prend un quotient supérieur à l'unité ; enfin l'acide disparaît complètement alors qu'il reste encore des traces de sucre, de sorte que le quotient respiratoire redevient inférieur à l'unité.

Essayons d'analyser de la même façon la première période de la respiration de notre moisissure à 20° et à 37°.

On voit que, à 20°, la première période peut se diviser en trois parties :

Date.	CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
	cc	cc	
30 juillet au 2 août	291,78	236,39	1,23
2 août au 10 août	369,45	241,22	1,53
10 août au 19 août	191,40	167,49	1,14

Dès le début de l'expérience, il y a donc combustion d'acide et de saccharose ; mais la quantité de saccharose brûlée est plus forte que celle de l'acide tartrique ; le quotient respiratoire, tout en étant supérieur à l'unité, est faible. Bientôt, l'inverse se produit, l'acide tartrique devient l'aliment d'élection ; il disparaît donc en plus grande quantité que le saccharose et le quotient respiratoire augmente beaucoup. La teneur en acide de la liqueur diminue tellement alors, que la moisissure peut difficilement utiliser l'acide tartrique, tandis qu'elle s'empare facilement du saccharose qui est encore très abondant ; aussi le quotient diminue-t-il tout en restant supérieur à l'unité. Enfin, comme toute trace d'acide a disparu, alors qu'il reste encore une faible quantité de sucre, le quotient respiratoire devient inférieur à l'unité : nous entrons dans la seconde période.

A 37°, la première période ne peut être divisée qu'en deux parties :

Date.	CO_2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO_2}{O}$.
	cc	cc	
26 juillet-28 juillet......	271,63	188,70	1,44
29 juillet-2 août........	554,09	396,09	1,39

On voit donc qu'à 37°, contrairement à ce qui se passe à 20° et à 12°, l'acide tartrique, dès le début de l'expérience, disparaît beaucoup plus facilement que le saccharose ; aussi le quotient respiratoire de la première partie de la première période est-il supérieur à celui de la deuxième partie. Bientôt, l'acide tartrique a disparu complètement, alors qu'il reste encore une grande quantité de saccharose ; à ce moment, le quotient devient inférieur à l'unité et nous entrons dans la seconde période, beaucoup plus importante à 37° qu'à 20° et qu'à 12°.

En faisant abstraction de la période d'autophagie, nous pouvons résumer comme il suit l'étude de l'influence de la température sur la respiration et la nutrition des moisissures cultivées sur une solution contenant du saccharose et de l'acide tartrique :

Aux températures élevées (37°), *l'acide tartrique est consommé plus rapidement que le sucre, de sorte que le quotient respiratoire décroît constamment : supérieur à l'unité dans la première moitié de l'expérience, il devient inférieur à cette valeur dans la seconde moitié, pendant laquelle il ne reste plus que du sucre dans la solution nutritive.*

Aux basses températures (12°), *le sucre est, au contraire, consommé plus rapidement que l'acide, de sorte que le quotient respiratoire croît constamment : inférieur à l'unité dans la première moitié de l'expérience, il devient supérieur à cette valeur dans la seconde moitié, où il reste principalement de l'acide dans la liqueur nutritive.*

Aux températures moyennes (20°), *sucre et acide sont consommés dans les mêmes proportions, de sorte que le quotient reste presque constamment supérieur à l'unité; mais il est de beaucoup inférieur à la moyenne des quotients supérieurs à l'unité observés aux températures élevées.*

4° *Influence de la température sur le mode d'oxydation de l'acide tartrique et du saccharose.* — Dans l'expérience 46, nous avons exposé, à diverses températures, une culture de *Sterigmatocystis nigra* faite sur une solution contenant 0gr,37 d'acide tartrique et 1gr,025 de sucre. Les résultats de cette expérience viennent confirmer et résumer les observations que nous venons de faire au sujet des trois expériences précédentes : c'est ce que prouve le simple examen des valeurs successives du quotient respiratoire inscrites au tableau 46. Mais la comparaison de ces quotients successifs et du quotient général aux mêmes quotients de l'expérience 45, fait ressortir un point nouveau et important : l'abaissement considérable des quotients partiels et du quotient général produit par l'abaissement de la température. En effet, bien que la proportion d'acide et de sucre soit sensiblement la même dans les deux expériences faites à 12° (45) et à des températures diverses (46), le quotient général obtenu dans le premier cas n'est que 0,97, le poids du mycélium n'étant aussi que 0gr,25, tandis que ce quotient est dans le second cas 1,13 et le poids du mycélium 0gr,31. Enfin, dans l'expérience 46, une plus grande quantité de gaz carbonique est émise avec des quotients partiels supérieurs à l'unité que dans l'expérience 45.

Nous ne pouvons expliquer ces différences frappantes qu'en admettant une modification dans le mode d'oxydation de l'acide tartrique ou dans celui du sucre. D'après la première hypothèse, dans l'expérience 46 où la plus grande partie du gaz carbonique a été dégagée aux températures de 30° et de 33°, l'acide tartrique a donné naissance à des hydrates de carbone (poids élevé du mycélium), tandis que dans l'expérience 45 où la température était constamment égale à 12°, cet acide a été complètement brûlé. On sait, en effet, que le quotient de formation des hydrates de carbone aux dépens de l'acide tartrique est 2,50, tandis que le quotient de combustion complète de cet acide n'est que 1,60. Cette première hypothèse est peu plausible ; nous avons

toujours constaté que l'acide tartrique pur, à partir du moment où il peut servir à la nutrition de la moisissure, s'oxyde en fournissant le quotient 2,50 caractéristique de la formation des hydrates de carbone.

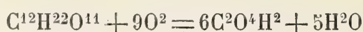
TABLEAU 46.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 17 DÉCEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,37 D'ACIDE TARTRIQUE ET 1gr,025 DE SUCRE.

Température variable.

DATE DE L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.	
27 décembre	33°	238,00	43,04	36,17	1,19
27 —	33°	8,50	57,03	47,92	1,19
28 —	8°	21,17	21,12	23,73	0,89
30 —	8°	45,25	31,27	31,27	1,00
31 —	33°	6,17	50,15	40,44	1,24
31 —	33°	6,16	50,21	40,50	1,24
1er janvier	33°	7,18	68,45	60,04	1,14
2 —	11°	42,25	37,55	39,94	0,94
2 —	33°	4,50	36,05	28,85	1,25
5 —	8°	61,50	21,60	25,42	0,85
5 —	30°	6,50	35,73	26,47	1,35
6 —	30°	11,50	54,43	37,53	1,45
9 —	12°	69,00	29,12	28,64	1,02
9 —	33°	9,66	36,48	33,78	1,08
10 —	33°	12,50	39,25	39,65	0,99
CO^2 et O total			611,48	540,35	
$\frac{CO^2}{O}$ moyen					1,13
Poids du mycélium desséché				0gr,31	

D'après la seconde hypothèse, à basse température, tandis que la plus grande partie du sucre donne d'un côté du gaz carbonique et de l'eau, par combustion complète, et de l'autre des hydrates de carbone par condensation avec perte d'eau, le reste de ce sucre fournit des corps incomplètement oxydés, prenant naissance par fixation d'oxygène, sans dégagement de gaz carbonique ; l'acide oxalique répond à ces conditions, comme le montre l'équation suivante :



$$C^{12}H^{22}O^{11} + 9O^2 = 6C^2O^4H^2 + 5H^2O$$

Cette réaction absorbant de l'oxygène sans dégager de gaz carbonique, abaisserait considérablement le quotient respiratoire de l'acide tartrique et du sucre.

Or, si on filtre le liquide qui présente une réaction acide et sur lequel était cultivée la moisissure à 12° ; si, après avoir ajouté une solution d'acétate de soude, on traite par le chlorure de calcium, on obtient un précipité blanc, insoluble dans l'acide acétique, soluble dans l'acide chlorhydrique ; lavé puis calciné modérément, ce précipité laisse un résidu de carbonate de chaux qui fait effervescence avec les acides.

Ce sont les caractères de l'acide oxalique ; la seconde hypothèse est donc vérifiée.

Cet acide oxalique que M. Duclaux a constamment rencontré dans les cultures languissantes de *Sterigmatocystis nigra* et qu'il considère comme une formation transitoire destinée à être brûlée par la moisissure (1), reste à l'état d'aliment non assimilable à la température de 12° ; voilà pourquoi nous constatons sa présence dans la liqueur, quand le mycélium ne respire presque plus, et si nous admettons avec ce savant « que le sucre n'est jamais sous l'action de l'aspergillus sans donner comme produit intermédiaire de l'acide oxalique », l'absence presque complète de ce dernier dans le liquide nutritif de nos cultures maintenues à 33° et à 37° doit provenir de ce que, au fur et à mesure de sa formation, il est oxydé en gaz carbonique et en eau $2C^2O^4H^2 + O^2 = 4CO^2 + 2H^2O$; tout se passe donc alors comme s'il ne se formait pas, et par suite son influence sur le quotient respiratoire est nulle. Nous pouvons donc dire que :

Le sucre et l'acide tartrique, donnés simultanément comme aliment au Sterigmatocystis nigra, fournissent chacun aux températures suffisamment élevées, des hydrates de carbone et du gaz carbonique. Aux basses températures, l'acide tartrique

(1) Duclaux, *Chimie biologique*, 1883, p. 219.

TABLEAU 47.

RESPIRATION A 20° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 8 NOVEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,99 D'ACIDE MALIQUE ET 0gr,985 DE SUCRE.

DATE de l'ANALYSE	DURÉE de l'EXPÉRIENCE	ASPECT de la CULTURE	CO^2 DÉGAGÉ	O ABSORBÉ	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ pendant chaque période.	O ABSORBÉ pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.								
	h.		c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
13 novembre..	119,33		66,62	55,05	1,21			
14 — ..	17,75		76,32	60,10	1,27			
15 — ..	15,58		105,96	82,14	1,29			
16 — ..	16,75	Mycélium blanc. Sporulation insensible.	122,36	89,97	1,36			
17 — ..	14, »		73,32	51,63	1,42	751,51	589,95	1,27
18 — ..	18,66		99, »	67,80	1,46			
19 — ..	19,92		94,72	71,01	1,23			
20 — ..	24,43		75,20	68,98	1,09			
21 — ..	18,33		38,01	37,27	1,02			
Deuxième période. — Il reste 0gr,01 d'acide malique et 0gr,55 de sucre.								
23 novembre..	47,50		70,07	70,77	0,99			
26 — ..	69,58	Mycélium blanc. Sporulation faible.	69,85	70,56	0,99			
29 — ..	66, »		43,77	47,07	0,93	273,69	283,36	0,97
5 décembre..	135,50		50,05	51,07	0,98			
15 — ..	240, »		39,95	43,89	0,91			
Troisième période. — Il ne reste ni acide malique ni sucre.								
15 janvier...	744, »	Surface du mycélium noire. Sporulation très abondante.	53,58	56,40	0,95	53,58	56,40	0,95
CO^2 et O total..........			1078,78	929,71				

$\frac{CO^2}{O}$ moyen.................................. 1,16

Poids du mycélium desséché.......................... 0gr,35

se comporte comme aux températures élevées, tant que cette température est supérieure à celle où l'acide tartrique n'est plus un aliment pour la moisissure; quant au sucre, alors que la plus grande partie se comporte également comme aux températures élevées, une faible quantité absorbe de l'oxygène et, sans dégager de gaz carbonique, produit de l'acide oxalique; il en résulte un abaissement considérable du quotient respiratoire général.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA CULTIVÉ SUR UNE SOLUTION CONTENANT DU SACCHAROSE ET DE L'ACIDE MALIQUE.

Nous avons soumis l'acide malique aux mêmes expériences que l'acide tartrique. Le mode opératoire employé, la méthode de discussion des résultats étant les mêmes dans les deux cas, nous serons très bref. Nous nous contenterons de formuler les conclusions qui ressortent tant de l'examen des tableaux où nous avons inscrit les résultats obtenus que de la comparaison de ces tableaux avec les tableaux relatifs à l'acide tartrique.

1° Respiration à 20° (tableau 47). — D'une part, l'existence des quotients partiels 1,36; 1,42; 1,46 (16, 17, 18 novembre), supérieurs au quotient 1,333 de combustion totale de l'acide malique; d'autre part, la comparaison des quantités de gaz carbonique dégagé, d'oxygène absorbé, de mycélium formé dans la culture mixte de sucre et d'acide malique et dans les cultures isolées à 20° d'une quantité de sucre ou d'une quantité d'acide malique égale à celle qui existe dans la culture mixte; enfin l'identité des résultats obtenus et des résultats fournis dans le cas de l'acide tartrique nous permettent de dire :

De même que le saccharose et l'acide tartrique, le saccharose et l'acide malique donnés simultanément comme aliment à 20°, *aux moisissures, semblent se comporter comme si chacun était isolé.*

TABLEAU 48.

RESPIRATION A 33° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 24 NOVEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,953 D'ACIDE MALIQUE ET 0gr,972 DE SUCRE.

DATE de l'analyse.	DURÉE de l'expérience.	TEMPÉRATURE.	CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 dégagé pendant chaque période.	O absorbé pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
Première période.								
	h.		c.c.	c.c.				
25 novembre.	20,00	33°	36,33	30,28	1,20	677,03	526,71	1,29
26 — .	19,00	33°	53,19	43,96	1,21			
26 — .	3,00	33°	44,62	34,32	1,30			
26 — .	2,42	33°	52,80	40,62	1,30			
26 — .	3,00	33°	54.00	42,19	1,28			
26 — .	2,50	33°	52,08	40,69	1,28			
27 — .	9,75	5°	22,14	22,14	1,00			
27 — .	3,92	33°	76,60	56,34	1,36			
27 — .	4,25	33°	80,33	55,40	1,45			
28 — .	14,75	10°	23,55	21,41	1,10			
28 — .	4,00	33°	66,87	48,46	1,38			
28 — .	3,82	33°	57,07	41,66	1,37			
29 — .	12,50	12°	19,93	16,61	1,20			
29 — .	3,18	33°	37,52	32,63	1,15			
Deuxième période. — Il reste 0gr,65 de sucre et des traces d'acide malique.								
29 novembre.	5,08	33°	42,08	42,50	0,99	325,08	370,70	0,88
30 — .	6,00	33°	41,69	46,32	0,90			
30 — .	6,00	33°	37,52	42,15	0,89			
30 — .	8,00	33°	37,70	44,35	0,85			
1er décembre.	9,50	33°	19,87	22,58	0,88			
2 — .	30,00	33°	48,10	54,05	0,89			
4 — .	29,00	33°	34,36	39,05	0,88			
6 — .	46,33	33°	63,76	79,70	0,80			
Troisième période. — Il n'y a plus ni sucre ni acide malique.								
8 décembre.	55,00	33°	29,81	35,91	0,83	43,43	52,13	0,83
17 — .	205,00	33°	13,62	16,22	0,84			
CO^2 et O total			1045,54	949,54				

$\frac{CO^2}{O}$ moyen 1, 10

Poids du mycélium desséché........ 0gr,29

L'un et l'autre fournissent, par fixation d'oxygène, du gaz carbonique et des hydrates de carbone. Cette formation d'hydrates de carbone, aux dépens de l'acide malique, que mettent en évidence les quotients élevés observés le 16, le 17 et le 18 novembre, est masquée pendant le reste de la première période par ce fait que les quotients élevés sont abaissés par la combustion du saccharose.

A côté de ces analogies que présentent l'acide malique et l'acide tartrique, nous devons signaler des différences essentielles.

Tandis que dans le cas de l'acide tartrique (tableau 43), la seconde période de la respiration à 20° est insignifiante, puisque la quantité de gaz carbonique émise pendant cette période n'est que le vingtième de la quantité émise pendant la première et que le poids du sucre existant dans la liqueur n'est que de quelques centigrammes, dans le cas de l'acide malique au contraire, cette seconde période est extrêmement importante. Le dégagement de gaz carbonique est, en effet, le tiers de celui de la première période, et la quantité de sucre consommée pour fournir ce dégagement est $0^{gr},55$. Cette période est même plus importante que la période observée, à 37°, avec l'acide tartrique (t. 44).

Donc : *A l'encontre de l'acide tartrique, l'acide malique constitue à* 20° *pour le Sterigmatocystis nigra un aliment beaucoup plus facilement assimilable que le saccharose ; aussi, cette moisissure cultivée sur une solution contenant des poids égaux de ces deux aliments, fait-elle disparaître complètement l'acide malique, alors qu'il reste encore plus de la moitié du sucre dans la liqueur.*

2° *Respiration aux températures supérieures à* 20° (tableau 48). — Les résultats du tableau 48 ont été obtenus en exposant une culture de moisissure à 33°. Étant donnée l'intensité respiratoire considérable de notre *Sterigmatocystis* à cette température, nous avons été obligé, pour éviter des phénomènes d'asphyxie, de placer durant la première

période notre culture à des températures basses, pendant les heures de la nuit, où il nous était impossible de renouveler l'atmosphère. Comme la quantité de gaz carbonique émis à ces basses températures (8°, 10°, 12°) est faible et que, pour deux d'entre elles (10°, 12°) les quotients sont supérieurs à l'unité, on voit, que la perturbation apportée de ce fait à la respiration, durant la première période, est négligeable.

La comparaison des tableaux 47 et 48 montre que pour l'acide malique comme pour l'acide tartrique, dans la culture à 33°, le quotient respiratoire est plus élevé au-dessus de l'unité, pendant la première période et plus inférieure à l'unité pendant la seconde, que dans la culture à 20°. Cependant l'augmentation du quotient de la première période est beaucoup plus faible pour l'acide malique (1,27 à 1,29, que pour l'acide tartrique (1,32 à 1,41).

De même, tandis que la quantité de gaz carbonique dégagé, avec des quotients supérieurs à celui de la combustion complète de l'acide, est plus forte à 37° qu'à 20° pour l'acide tartrique (263^{cc},32 au lieu de 81^{cc},90), elle est au contraire plus faible pour l'acide malique à 33° qu'à 20° (280^{cc},87 au lieu de 294^{cc},68).

Il semble donc que, alors qu'aux températures élevées l'acide tartrique fournit une plus grande quantité d'hydrates de carbone qu'à 20°, l'acide malique subit une oxydation plus complète aux hautes températures qu'aux températures moyennes. D'ailleurs le poids du mycélium qui, pour la culture à 20°, est 0^{gr},35, n'est plus à 33° que 0^{gr},29.

Enfin la quantité de gaz carbonique dégagé pendant la seconde période est beaucoup plus importante par rapport à celle de la première période à 33° qu'à 20°. Le rapport entre ces quantités s'élève en effet de 1/3 à 1/2; la quantité de sucre non décomposé, au début de cette seconde période, alors que l'acide a disparu, est également plus forte à 33° qu'à 20° (0^{gr},65 au lieu de 0^{gr},55).

Nous avons constaté le même fait avec l'acide tartrique; cependant la seconde période de la respiration est beaucoup

TABLEAU 49.

RESPIRATION A 12° DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA CULTIVÉ SUR UNE SOLUTION NUTRITIVE CONTENANT 0gr,33 D'ACIDE MALIQUE ET 1 GR. DE SUCRE.

DATE DE L'ANALYSE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	ASPECT DE LA CULTURE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$	CO^2 DÉGAGÉ pendant chaque période.	O ABSORBÉ pendant chaque période.	$\frac{CO^2}{O}$ de chaque période.
	h.		c.c.	c.c.		c.c.	c.c.	
1re Période.								
24 janvier.....	192,00	Mycélium blanc, sporulation insensible.	35,32	32,41	1,09	182,86	173,12	1,06
30 —	142,25		45,70	43,94	1,04			
4 février.....	118,75		56,42	52,24	1,08			
8 —	72,50		45,42	44,53	1,02			
2e Période. — Il n'y a plus d'acide malique, il reste 0gr,70 de sucre.								
12 —	95,00	Mycélium blanc, sporulation faible.	47,14	48,10	0,98	215,37	237,80	0,91
16 —	96,50		44,63	51,30	0,87			
20 —	92,75		40,20	46,74	0,86			
25 —	109,18		45,36	49,85	0,91			
1er mars.....	105,66		38,04	41,81	0,91			
3e Période. — Il n'y a plus d'acide malique ni de sucre. On constate la présence de 0gr,23 d'acide oxalique.								
6 mars.......	119,66	Surface du mycélium noire, sporulation très intense.	12,35	13,42	0,92	12,35	13,42	0,92
Total........................			410,58	424,34				

$\frac{CO^2}{O}$ moyen.................................. 0,97

Poids du mycélium 0gr,22

plus importante dans le cas de l'acide malique à 33° que dans le cas de l'acide tartrique à 37°.

TABLEAU 50.

RESPIRATION A DIVERSES TEMPÉRATURES DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 16 DÉCEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,36 D'ACIDE MALIQUE ET 1gr,01 DE SUCRE.

DATE DE L'ANALYSE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	TEMPÉRATURE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
	h.		c.c.	c.c	
21 décembre	120,00	33°	51,87	46,74	1,11
22 —	24,00	33°	55,32	44,25	1,25
24 —	48,82	12°	57,28	49,38	1,16
29 —	105,26	8°	55,26	46,84	1,18
2 janvier	99,50	10°	56,61	49,57	1,14
6 —	84,75	4°	34,94	39,71	0,88
7 —	12,75	33°	57 26	49,80	1,15
7 —	10,00	33°	50,06	45,92	1,09
8 —	9,66	33°	47,41	41,23	1,15
8 —	9,25	33°	67,82	58,46	1,16
9 —	11,83	33°	61,37	56,30	1,09
9 —	11,00	33°	33,80	40,23	0,84
11 —	36,18	33°	40,56	57,13	0,71
17 —	152,00	33°	39,71	47,84	0,83
CO^2 et O, total			709,27	673,30	
$\frac{CO^2}{O}$ moyen					1,05

Conclusions. — Aux températures élevées, l'acide malique constitue pour le Sterigmatocystis nigra un aliment dont la facilité d'assimilation par rapport à celle du saccharose est beaucoup plus considérable qu'à 20°. *A ces températures élevées, cet acide est également beaucoup plus rapidement assimilé que l'acide tartrique; mais il semble subir une oxydation plus complète qu'à* 20°; *tandis qu'au contraire l'acide tartrique semble subir une oxydation un peu moins complète et, par suite, fournir une plus grande quantité d'hydrate de carbone.*

3° *Respiration aux températures inférieures à* 20° (tableau 49). — Le tableau 49 relatif aux échanges gazeux successifs obtenus en plaçant à 12° une culture de *Sterigmato-*

cystis nigra sur une solution contenant 0gr,33 d'acide malique et 1 gramme de sucre, contraste absolument avec le tableau 45 où l'acide tartrique remplace l'acide malique. En effet, dans le tableau 45, la seconde période, celle où il ne reste plus d'acide et où le saccharose constitue le seul aliment offert à la moisissure, n'existe pour ainsi dire pas; dans le tableau 49, au contraire, cette seconde période est plus importante que la première, car la moisissure y consomme les 3/4 restants du saccharose et dégage plus de gaz carbonique que pendant la première. Celle-ci ne peut pas, dans le cas de l'acide malique, être subdivisée en deux parties comme pour le cas de l'acide tartrique. Dès le début de cette première période, les quotients respiratoires supérieurs à l'unité apparaissent en même temps que la quantité d'acide malique diminue, et ces quotients vont en décroissant peu à peu jusqu'à devenir inférieurs à l'unité, au moment où l'on passe à la seconde période, moment où l'acide a disparu et où il reste encore beaucoup de saccharose.

Nous avons vu, au contraire, que dans le cas de l'acide tartrique, pendant la première moitié de la première période, les quotients sont inférieurs à l'unité alors que du saccharose seul disparaît et que les quotients supérieurs à l'unité ne se montrent que pendant la seconde partie de la première période, quand l'acide, non utilisé dans la première partie, est consommé par la moisissure, faute d'un autre aliment.

Le tableau 50 dans lequel sont relevés les quotients respiratoires fournis à diverses températures par le *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur la solution précédente, montre que, même au-dessous de 12° (8°), l'acide malique est encore consommé de préférence au saccharose. La comparaison de ce tableau avec le tableau 49 prouve également que le quotient respiratoire général est diminué aux basses températures uniquement par suite de la formation d'acide oxalique aux dépens du sucre. Nous n'insisterons pas davantage sur ce fait que nous avons étudié précédemment et nous résumerons comme il suit l'étude de la respiration du *Sterigmato-*

cystis nigra cultivé sur un mélange de sucre et d'acide malique :

Quand on donne simultanément comme nourriture du saccharose et de l'acide malique à une moisissure, l'acide malique est toujours consommé plus rapidement que le sucre, quelle que soit la température (à l'encontre de l'acide tartrique pour les basses températures). Il en résulte que le quotient respiratoire décroît constamment. Supérieur à l'unité au début de l'expérience, il devient inférieur à cette valeur généralement quand l'acide a complètement disparu.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA CULTIVÉ SUR UNE SOLUTION CONTENANT DU SACCHAROSE ET DE L'ACIDE CITRIQUE.

Toutes les expériences qui ont été faites avec les deux acides précédents ont été répétées avec l'acide citrique. Elles nous ont montré que :

L'acide citrique se comporte absolument de la même façon que l'acide tartrique quand il est donné mélangé à du sucre comme aliment aux moisissures.

Au lieu de la série des tableaux de ces expériences, ce qui prolongerait outre mesure notre exposé, nous nous contenterons du tableau 51, dans lequel sont relevées les respirations fournies par le *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur une solution contenant des poids égaux de sucre et d'acide à des températures alternativement élevées et basses.

RAPPROCHEMENTS ENTRE LA RESPIRATION DES MOISISSURES CULTIVÉES SUR DES SOLUTIONS ACIDES ET SUCRÉES ET CELLE DES FRUITS CHARNUS ACIDES ET SUCRÉS.

Aux températures élevées, les fruits charnus acides présentent comme le *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur une solution sucrée et acide, des quotients supérieurs à l'unité ; ces quotients sont à peu près égaux à ceux des moisissures

TABLEAU 51.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA ENSEMENCÉ LE 24 NOVEMBRE SUR LIQUIDE NUTRITIF CONTENANT 0gr,82 D'ACIDE CITRIQUE ET 0gr,84 DE SUCRE.

Température variable.

DATE de L'ANALYSE.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.	
13 décembre......	33°	»	19,84	19,27	1,03
14 —	33°	11,00	32,32	25,45	1,27
15 —	5°	10,25	3,81	6,93	0,55
20 —	1°	109,50	8,49	8,84	0,96
25 —	4°	122,58	1,52	6,06	0,25
27 —	33°	42,33	82,41	68,11	1,21
27 —	33°	8,66	64,65	50,91	1,27
28 —	8°	20,82	19,45	21,37	0,91
30 —	8°	45,00	25,57	26,36	0,97
31 —	33°	6,00	55,15	37,52	1,47
31 —	33°	6,25	57,36	39,02	1,47
2 janvier.........	12°	42,08	40,99	38,31	1,07
2 —	33°	4,50	51,87	36,27	1,43
4 —	8°	38,25	17,69	20,11	0,88
6 —	8°	56,00	20,49	23,55	0,87
9 —	15°	59,00	63,21	48,63	1,30
9 —	33°	7,08	49,78	35,82	1,39
10 —	33°	12,75	69,70	49,43	1,12
10 —	33°	8,00	37,42	38,18	0,98
11 —	33°	13,82	47,01	51,10	0,92
12 —	33°	28,92	62,27	67,68	0,92
14 —	33°	48,00	30,79	37,56	0,82
16 —	33°	57,75	13,82	17,71	0,78
Total........			874,61	776,18	

$\frac{CO^2}{O}$ moyen 1,22

Poids du mycélium desséché......... 0gr,31

et comme ceux-ci, sont d'autant plus élevés qu'il y a plus d'acide.

A ces températures, les quotients respiratoires successifs d'un même fruit acide, comme ceux des moisissures, diminuent peu à peu en même temps que l'acidité du fruit, pour devenir inférieurs à l'unité. La seule différence observée entre les fruits et les moisissures consiste en ce que le quotient respiratoire des moisissures devient inférieur à l'unité seulement quand tout l'acide a disparu, tandis que celui des fruits est déjà plus petit que l'unité alors que ceux-ci contiennent encore une petite quantité d'acide. Cette différence s'explique facilement; dans les fruits, en effet, la proportion des acides aux substances sucrées est beaucoup plus faible que dans nos cultures et, par suite, le quotient élevé dû aux acides est beaucoup plus abaissé par la combustion du sucre dans les fruits que dans les moisissures.

Aux basses températures, les fruits, comme le *Sterigmatocystis nigra*, se comportent différemment suivant qu'ils contiennent des acides citrique et tartrique ou de l'acide malique.

Les fruits à acide citrique ou tartrique (fruits des Aurantiacées, oranges, alkékenges, etc.), comme le *Sterigmatocystis* cultivé sur une solution contenant un mélange de saccharose et d'un de ces deux acides, présentent aux basses températures un quotient inférieur à l'unité ; mais, tandis que ce quotient, à la fin de l'expérience, devient supérieur à l'unité pour les moisissures, il reste constamment inférieur à l'unité pour les fruits. Cette différence s'explique par ce que la quantité de sucre très petite dans nos cultures de moisissures est épuisée à la fin de l'expérience et par suite la moisissure est obligée de consommer le seul aliment qui lui est offert, l'acide, tandis que dans nos fruits la quantité de sucre est si considérable que l'acide ne reste jamais seul.

Les fruits à acide malique (pomme, etc.), comme le *Sterigmatocystis* cultivé sur une solution de saccharose et d'acide malique, offrent aux basses températures, comme

aux températures élevées, un quotient respiratoire supérieur à l'unité. Ce quotient diminue en même temps que l'acidité du fruit pour devenir inférieur à l'unité quand l'acide a presque complètement disparu.

Il y a, on le voit, identité absolue entre la respiration et ses rapports avec l'acidité, dans les fruits charnus acides et sucrés et dans le *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur une solution sucrée et acide. Nous avons donc le droit d'étendre aux fruits les conclusions formulées au sujet des moisissures et de dire :

Les quotients respiratoires supérieurs à l'unité observés : généralement à toute température pour les fruits charnus sucrés contenant de l'acide malique, seulement aux températures élevées pour les fruits charnus sucrés contenant de l'acide citrique ou de l'acide tartrique, doivent être attribués à la combustion incomplète de ces acides. Ceux-ci prennent de l'oxygène à l'atmosphère, pour donner naissance à des hydrates de carbone avec dégagement de gaz carbonique.

Ces quotients sont généralement inférieurs aux quotients caractéristiques de la formation des hydrates de carbone aux dépens des acides parce qu'il se produit en même temps que la réaction précédente, une combustion des matières sucrées contenues dans les fruits, combustion qui absorbe plus d'oxygène qu'elle ne dégage de gaz carbonique (1).

RECHERCHES SUR LA MATURATION DES FRUITS CHARNUS SUCRÉS CONTENANT DU TANNIN.

Méthode de recherches. — Nous avons montré dans l'historique critique que les auteurs ne sont pas d'accord sur le rôle du tannin dans les fruits.

Tandis que M. Chatin (1) attribue une partie au moins du

(1) J'ai souvent eu recours, pendant cette étude de la respiration des moisissures, aux conseils précieux de M. Perdrix, professeur de chimie à la Faculté des sciences et ancien préparateur à l'Institut Pasteur. Je suis heureux de lui en exprimer ici mes plus vifs remerciements.

(1) *Loc. cit.*

gaz carbonique dégagé pendant le blettissement à la destruction des matières tannoïdes par oxydation, Cahours (1) prétend que le gaz carbonique dégagé pendant cette période de la vie des fruits est dû à la fermentation du sucre. D'un autre côté, Buignet (2) dit que le tannin se transforme en matière sucrée, alors que Brünner et Chuard (3), après leur découverte de l'acide glucosuccinique, révoquent fortement en doute l'existence de la substance tannoïde de cet auteur et attribuent à leur glucoside l'origine des sucres.

Enfin M. Lindet (4), par sa découverte d'une diastase oxydante qui détruirait le tannin, remet en faveur la théorie de l'oxydation de cette substance.

En présence de ces nombreuses opinions opposées, nous nous sommes demandé si la méthode qui nous avait réussi dans l'étude de la transformation des acides organiques ne pourrait pas nous aider pour la recherche de la transformation des tannins. Aussi nous proposons-nous :

1° D'étudier à diverses températures la respiration des fruits contenant du tannin et de rapprocher les résultats trouvés de ceux que nous fournit l'analyse du péricarpe ;

2° D'étudier la respiration du *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur du tannin où il développe abondamment son mycélium et de comparer cette respiration à celle des fruits.

Choix du fruit. — Les fruits qui contiennent du tannin sont très nombreux, aussi, semble-t-il à première vue que nous n'ayons que l'embarras du choix ; mais, ou bien le tannin ne représente qu'une faible proportion de ces fruits (banane, etc.), ou il est accompagné d'acide dont l'oxydation vient modifier les échanges gazeux dus à sa transformation [(pommes, fruits du *Prunus spinosus*), sorbes, nèfles (*Mespilus germanica*)]. Nous avons donc été obligé de préférer aux fruits indigènes les *kakis*.

(1) *Loc. cit*
(2) *Loc. cit.*
(3) *Loc. cit.*
(4) *Loc. cit.*

Ces fruits des *Diospyros* sont dépourvus d'acides et contiennent une telle quantité de tannin que, d'après M. Dupont (1), le liquide résultant de leur macération dans l'eau, liquide appelé *Chibouki*, est employé au Japon comme mordant dans la fabrication des laques, dans la teinture et dans la tannerie. Les *Diospyros* sont cultivés dans un certain nombre de jardins à Marseille; aussi nous a-t-il été facile de commencer nos expériences sur leurs fruits aussitôt après leur séparation de l'arbre.

Respiration des fruits de Diospyros kaki, variété Zendji. — Le 29 octobre, nous avons placé en atmosphère confinée un kaki Zendji jaune rougeâtre voisin de la maturité. Le péricarpe de consistance ferme ne dégageait aucun parfum. Un fruit offrant le même degré de maturation présente une saveur très astringente et la surface de section se colore rapidement par le perchlorure de fer. Le premier fruit est constamment exposé à la température de 33°, du 29 octobre au 13 novembre. L'analyse de l'atmosphère confinée faite plusieurs fois pendant ce laps de temps a fourni les chiffres inscrits dans le tableau 52.

TABLEAU 52

RESPIRATION A 33° D'UN KAKI ZENDJI PESANT 25gr,50.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure: CO_2 dégagé.	Par kilog. et par heure: O absorbé.	$\frac{CO_2}{O}$.
31 octobre.	Consistance ferme. Beaucoup de tannin, aucun parfum.	h 45,82	cc 36,33	cc 39,05	0,93
2 novem.		41,15	28,25	35,76	0,79
4 —		54,08	31,24	34,72	0,90
6 —	Le parfum apparaît.	45,82	46,60	32,81	1,42
8 —		45,17	56,39	25,52	2,21
11 —		63,66	63,98	21,05	3,04
13 —	Consistance molle, pas de tannin. Beaucoup de parfum. Saveur sucrée.	48,82	49,83	16,23	3,07

(1) Dupont, *Notes relatives aux kakis japonais cultivés* (*In* Bull. de la Soc. d'hort. et d'accl. du Var, Toulon, Michel Massone, 1880).

On voit que, jusqu'au 4 novembre, c'est-à-dire pendant six jours, le quotient respiratoire s'est constamment maintenu inférieur à l'unité, alors que la quantité d'oxygène absorbé diminuait de plus en plus et le fruit dont la consistance devenait moins ferme ne dégageait encore aucun parfum. Mais, à partir du 6 novembre, le fruit de plus en plus mou dégage un parfum agréable qui augmente peu à peu d'intensité et le quotient respiratoire devenu supérieur à l'unité s'accroît en même temps. Ce quotient augmente dans des proportions telles que bientôt la quantité de gaz carbonique dégagé est trois fois plus considérable que la quantité d'oxygène absorbé. Quant à l'intensité respiratoire, elle continue à décroître, puisque la quantité d'oxygène absorbé diminue de plus en plus; finalement elle n'est pas même la moitié de ce qu'elle était au début de l'expérience. La comparaison du tableau 52 avec les tableaux relatifs à la respiration de tous les fruits acides aux températures élevées (pommes, raisins, oranges, mandarines, etc.), fait ressortir des différences essentielles : les quotients respiratoires des fruits acides sont, au début de l'expérience, supérieurs à l'unité; puis ils décroissent constamment pour devenir inférieurs à l'unité ; l'intensité respiratoire décroissant en même temps, on peut dire d'une façon générale que l'intensité respiratoire est d'autant plus forte que le quotient respiratoire est plus élevé. Au contraire, le quotient respiratoire du kaki Zendji, inférieur à l'unité au début, croît constamment et est d'autant plus élevé que le fruit est plus mûr; l'intensité respiratoire diminuant constamment avec la maturité, il en résulte que, contrairement au cas des fruits acides, l'intensité respiratoire est d'autant plus faible que le quotient est plus élevé. Puisque nous avons constaté au début de l'expérience une grande quantité de tannin et l'absence de parfum, tandis qu'à la fin il ne reste plus de tannin et que le fruit est parfumé, nous sommes amenés, en rapprochant ces deux faits de celui consistant en l'augmentation du quotient respiratoire à la fin de la même expérience, à émettre les trois hypothèses suivantes :

1° Le tannin disparaît seulement pendant la deuxième partie de l'expérience. Cette disparition est accompagnée d'un dégagement de gaz carbonique supérieur à l'absorption d'oxygène et de la formation d'un produit volatil odorant.

2° Le tannin disparaît pendant toute la durée de l'expérience. Cette disparition est accompagnée d'un dégagement de gaz carbonique inférieur à l'absorption de l'oxygène, mais pendant la seconde partie de l'expérience, outre la destruction du tannin, le fruit est le siège d'une seconde réaction, indépendante de la première ; cette réaction engendre le parfum et, en même temps, ou bien elle dégage plus de gaz carbonique qu'elle n'absorbe d'oxygène, ou bien elle ne dégage que du gaz carbonique.

3° Le tannin se détruit d'abord pendant la première partie de l'expérience, alors que le quotient est inférieur à l'unité ; puis, seulement quand il est détruit, une deuxième réaction se produit qui, ou bien dégage plus de gaz carbonique qu'elle n'absorbe d'oxygène, ou bien ne dégage que du gaz carbonique.

Laquelle de ces trois hypothèses devons-nous adopter ?

Puisque toutes trois admettent des relations différentes existant entre le quotient supérieur à l'unité, la disparition du tannin et la production du parfum, nous devons, en essayant de supprimer le quotient supérieur à l'unité et en cherchant ensuite quelles modifications cette suppression produit dans les deux autres phénomènes, trouver des faits confirmant l'une des trois hypothèses et infirmant les deux autres.

Nous avons eu recours à l'abaissement de température pour essayer de diminuer le quotient respiratoire, ce procédé nous ayant déjà réussi pour les acides.

Le tableau 53 comprend les chiffres de la respiration, à 20°, d'un *kaki Zendji* offrant les mêmes caractères extérieurs de maturation que le *kaki* du tableau 52.

On voit que les modifications de la consistance du fruit, du tannin, du parfum et de l'intensité respiratoire sont les

mêmes à 20° qu'à 33°. Quant aux quotients respiratoires, ils sont bien, à 20° comme à 33°, d'abord inférieurs à l'unité, puis, quand le parfum apparaît, ils deviennent bien supérieurs à cette valeur et d'autant plus grands que l'on est plus éloigné du début de l'expérience, mais l'écart entre le quotient maximum et le quotient minimum est beaucoup plus faible à 20° qu'à 33° (0,92 à 2,50 au lieu de 0,93 à 3,07).

Si nous remarquons que, à 20°, l'intensité respiratoire est deux fois moins forte qu'à 33°, nous pourrons penser que l'activité protoplasmique étant bien moins forte à 20° qu'à 33°, les cellules n'ont pas besoin d'emprunter autant d'oxygène dans le premier cas que dans le second. Aux deux températures, l'apport de l'oxygène, de l'extérieur, est insuffisant ; mais il est plus insuffisant à 33° qu'à 20°, d'où asphyxie plus complète des cellules. Dans les deux cas, puisqu'il y a asphyxie, il doit y avoir production d'alcool et il est probable que c'est lui qui en se combinant à des acides donne des éthers constituant le parfum du *Zendji*.

TABLEAU 53.

RESPIRATION A 20° D'UN KAKI ZENDJI PESANT 26gr.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure. CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
		h	cc	cc	
4 novem.	Consistance ferme. Beaucoup de tannin. Aucun parfum.	48,75	21,36	23,22	0,92
6 —		46,25	23,70	22,57	1,05
8 —		45,33	52,84	24,24	2,18
11 —		63,92	42,19	16,88	2,50
13 —		49,08	37,62	15,23	2,47
15 —		47,50	33,02	13,07	2,41
17 —		47,75	26 »	11,64	2,23
19 —	Consistance molle. Pas de tannin. Parfum très développé. Saveur sucrée.	47,66	20,92	9,87	2,12

Ce que nous venons de dire nous fait espérer qu'en abaissant davantage la température nous obtiendrons une dimi-

nution de l'activité protoplasmique telle que l'oxygène de l'atmosphère soit suffisant à entretenir les réactions cellulaires. C'est en effet ce qui se produit en plaçant à 0° un *kaki Zendji* offrant les mêmes caractères que les deux précédents (tableau 54).

On voit que le tannin disparaît complètement sans qu'il y ait production de parfum (élimination de la première hypothèse) et avec dégagement d'une quantité de gaz carbonique moins considérable que la quantité d'oxygène absorbé, puisque les quotients sont tous inférieurs à l'unité.

S'il y a réellement fermentation dans les expériences faites à 33° et à 20°, nous devons constater dans les fruits, la présence de l'alcool. Cet alcool doit être, avons-nous dit, non pas libre, mais combiné à des acides sous forme d'éthers ; aussi avant de rechercher directement l'alcool et les acides par le procédé de M. Duclaux, est-il nécessaire de saponifier ces éthers.

TABLEAU 54.

RESPIRATION A 0° D'UN KAKI ZENDJI PESANT 21gr,50.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure CO^2 dégagé.	Par kilog. et par heure O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
2 novem.	Consistance ferme. Beaucoup de tannin. Aucun parfum.	h 72,50	cc 7,17	cc 8,89	0,81 (à 15°)
7 —		122,58	0,81	1,61	0,50
18 —		253,50	0,79	1,17	0,67
30 —		287 »	1,64	2,41	0,68
9 décem.		222,50	2,70	3,21	0,84
19 —		232,82	2,54	3,12	0,81
30 —	Consistance semi-molle. Pas de tannin. Aucun parfum. Saveur sucrée	264,92	2,51	2,92	0,86

Voici la marche que nous avons adoptée et que nous allons exposer avec quelques développements, puisqu'elle nous a servi pour toutes les expériences faites avec les *kakis*, les *bananes*, les *melons*, les *nèfles*, les *sorbes*, les *ananas*, etc.

Saponification des éthers. — 433 grammes de kaki Zendji parfumés, mûris à 20°, sont triturés avec de l'eau distillée de façon à obtenir un litre de mélange que l'on passe à travers un linge. Le résidu, après expression, est traité à deux nouvelles reprises de la même façon. On obtient ainsi trois litres d'un liquide qui est distillé au bain d'huile ; la distillation est arrêtée quand il ne reste plus dans le ballon qu'un demi-litre de résidu qui ne présente plus aucun arome, alors que le produit distillé offre l'odeur des fruits.

Après avoir ajouté à ce liquide un grand excès d'eau de baryte, nous versons le mélange dans un grand ballon (pl. II) surmonté d'un réfrigérant en verre ascendant, dont la partie terminale plonge dans de l'eau. Le liquide est maintenu en ébullition lente et régulière pendant vingt-quatre heures. Pendant cette opération, on constate à la base du réfrigérant-spirale des stries qui font penser à la présence d'un alcool. On laisse refroidir et on transforme le réfrigérant ascendant en un réfrigérant descendant, en remplaçant le tube de raccord A par un tube qui rejoint le col du ballon à la partie supérieure du réfrigérant ; préalablement on a versé l'eau où plongeait la partie terminale du réfrigérant dans le ballon. On distille un tiers du liquide dans lequel passe l'alcool. Ce liquide est mis de côté.

Recherche des acides volatils. — Les deux tiers restants de la liqueur sont réduits à 60 ou 80 centimètres cubes. On laisse refroidir et on filtre. Après avoir ajouté une quantité d'acide tartrique suffisante pour mettre tout l'acide volatil en liberté, on décante pour enlever le précipité de tartrate de baryte, lequel est lavé à plusieurs reprises ; les diverses liqueurs sont réunies et le volume est complété à 110 centimètres cubes. On distille dans un ballon de 250 centimètres cubes communiquant avec un réfrigérant Liebig dont l'extrémité inférieure recourbée est taillée en biseau. La distillation est poussée de telle façon que dans l'espace de quarante-cinq minutes environ on recueille dans de petits flacons jaugés et à col étroit dix prises successives de dix centimètres chacune ; on

arrête alors la distillation. Il reste dix centimètres cubes de liquide dans le ballon.

Chacune des prises est saturée par une solution normale de soude étendue au quarantième, la phtaléine du phénol servant de réactif indicateur; le nombre de centimètres cubes nécessaires pour chaque neutralisation est relevé dans la colonne I du tableau 55.

TABLEAU 55.

RECHERCHE DES ACIDES VOLATILS CONTENUS DANS LE KAKI ZENDJI.

Numéro de la prise.	I. Soude nécessaire à la saturation.	II. Pourcentage.	III. Chiffres correspondants de l'acide acétique.	IV. Chiffres correspondants de l'acide formique.	V. Acides passés dans les 10, 20, 30 1er cc.	VI. Chiffres correspondants de l'acide acétique.	VII (1). Chiffres correspondants de l'acide formique.
	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc
1....	2,4	7,90	7,40	5,90	7,90	7,40	5,90
2....	2,45	8,10	7,80	6,30	16 »	15,20	12,20
3....	2,50	8,30	8,20	6,80	24,30	23,40	19 »
4....	2,60	8,60	8,60	7,40	32,90	32 »	26,40
5....	2,70	8,90	8,90	8 »	41,80	40,90	34,40
6....	2,80	9,30	9,60	8,80	51,10	50,50	43,20
7....	3 »	10 »	10,40	9,60	61,10	60,90	52,80
8....	3,35	11 »	11 »	11,80	72,10	71,90	64,60
9....	3,80	12,60	12,50	15 »	84,70	84,40	79,60
10....	4,60	15,30	15,60	20,40	100 »	100 »	100 »

On voit qu'il passe dans chaque prise, une proportion d'acides d'autant plus forte que la prise a été cueillie à un moment plus éloigné du début de la distillation. C'est le caractère des acides formique et acétique, par opposition aux acides butyrique, valérianique, etc., qui passent de préférence dans les premières prises. Évaluons les diverses quantités de soude de la première colonne (et par suite les quantités d'acides passés dans chaque prise) en centièmes de la quantité de soude qu'il a fallu pour saturer les 100 centimètres cubes du liquide distillé. Pour cela, il suffit de diviser chacun des nombres de la colonne I par le nombre qui représente la quantité totale de soude employée ($30^{cc},20$). On obtient ainsi

(1) Duclaux, *Dosage des acides volatils* (Annales de l'Institut Pasteur, t. IX, p. 29, 1895).

la colonne II. Si on compare les chiffres de cette colonne aux chiffres correspondants fournis par les acides acétique (colonne III) et formique (colonne IV) (1), on remarque qu'ils sont éloignés des chiffres de l'acide formique et au contraire très voisins des chiffres de l'acide acétique. Ils leur sont même légèrement supérieurs, ce qui s'explique, comme nous le verrons, par la présence probable de traces d'acides œnanthylique ou pélargonique. Le rapprochement avec l'acide acétique et l'écart avec l'acide formique ressortent encore bien mieux de l'examen des colonnes V, VI et VII où nous avons inscrit les quantités de notre acide, d'acide acétique et d'acide formique qui passent dans les 10, 20, 30, etc., premiers centimètres cubes distillés.

Vérification de la nature de l'acide. — Le liquide neutralisé de l'expérience précédente, auquel nous ajoutons les 10 centimètres cubes de liqueur restant dans le ballon, acidulé de nouveau avec de l'acide tartrique, puis redistillé, fournit une solution qui, saturée par la potasse et ensuite évaporée, laisse un résidu. Une portion de ce résidu, traitée par l'acide sulfurique et l'alcool, dégage l'odeur caractéristique de l'acétate d'éthyle ; on perçoit en outre une légère odeur qui nous semble être due à l'œnanthylate ou au pélargonate d'éthyle (?). L'autre partie du résidu, chauffée avec de l'acide arsénieux, dégage l'odeur du cacodyle également assez caractéristique de l'acide acétique.

Recherche des alcools. — Le liquide que nous avons mis de côté au début de l'expérience et que nous supposons contenir de l'alcool est distillé au tiers à plusieurs reprises. On constate chaque fois les stries indiquées par Pasteur comme pouvant faire présumer la présence de l'alcool. Lorsqu'il est réduit à 100 centimètres cubes, nous le soumettons à la distillation fractionnée avec un petit tube Glinski et nous recueillons les dix premiers centimètres cubes ; le liquide obtenu est un peu louche ; sa densité prise par la méthode

(1) Duclaux, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. VIII, p. 542 (1886).

du flacon est 0,987, ce qui correspond à 10 p. 100 d'alcool; passé au compte-gouttes de M. Duclaux il donne 158 gouttes à 15°. Or l'alcool ordinaire à 10 p. 100 de concentration ne donne, d'après ce savant (1), que 144 gouttes; nous avons donc affaire à un mélange d'alcool ordinaire et d'un alcool supérieur (alcool butylique ou amylique) en très faible quantité.

Vérification de la nature des alcools. — Les premières portions du liquide soumis de nouveau à la distillation, ont un aspect laiteux, tandis que les dernières sont limpides; le produit qui accompagne l'alcool ordinaire est donc de l'alcool amylique; par oxydation au moyen du dichromate de potassium et de l'acide sulfurique, il se développe une odeur d'acide valérianique qui confirme la présence de l'alcool amylique.

M. Duclaux recommande (2) pour caractériser l'alcool ordinaire, de joindre à la constatation des stries et à l'épreuve du compte-gouttes, la formation d'iodoforme. Aussi, à une partie du liquide qui a été passé au compte-gouttes, nous ajoutons 2 grammes de carbonate de soude pur, cristallisé, et 0gr,10 d'iode en poudre fine; nous portons à 60° le mélange placé dans une petite capsule de porcelaine, en agitant constamment, jusqu'à ce que l'iode ait disparu. On perçoit nettement une odeur d'iodoforme. On voit, en outre, apparaître dans la masse du liquide, par refroidissement, des paillettes jaunes micacées qui se déposent au fond de la capsule; ces paillettes offrent l'odeur de l'iodoforme et, examinées au microscope, elles se présentent en tables hexagonales régulières, les unes isolées, le plus grand nombre groupées en étoiles; or ces formes sont également caractéristiques du corps précédent.

Les Zendji mûris à 20° contiennent donc de l'acide acétique, des traces d'acides supérieurs, de l'alcool ordinaire

(1) Duclaux, *Dosage des alcools* (Annales de l'Institut Pasteur, t. IX, p. 579, 1895.

(2) Duclaux, *Chimie biologique.*

et une faible quantité d'alcool amylique ; ces substances sont combinées à l'état d'acétate d'amyle (odeur dominante), d'acétate d'étyle et peut-être d'œnanthylate ou de pélargonate d'éthyle. La même opération pratiquée sur les Zendji mûris à 0° et non parfumés n'a pas révélé la moindre trace d'alcools.

Nous sommes donc amené à rapprocher ces deux faits : quotients supérieurs à l'unité et formation d'alcools. Il devient par suite probable que *l'élévation du quotient au-dessus de l'unité est due à la fermentation des matières sucrées, cette fermentation étant produite par une asphyxie partielle des cellules qui n'empruntent pas à l'extérieur une quantité d'oxygène suffisante pour les réactions dont elles sont le siège.*

Cette opinion va être confirmée par l'étude de quelques autres variétés de kakis, étude nécessaire pour établir que les phénomènes observés chez les Zendji, se produisent également chez tous les fruits à tannin.

Respiration des fruits de Diospyros costata. — Deux fruits de *Diospyros costata*, rouges, voisins de la maturité, à péricarpe dur et contenant encore beaucoup de tannin, sont mis l'un à 30°, l'autre à 15°. Ils nous ont donné les résultats inscrits au tableau 56.

TABLEAU 56.

RESPIRATION A 30° ET A 15° DE DEUX FRUITS DE DIOSPYROS COSTATA.

1er *Fruit. Poids* 79gr,65. *Température* 30°.

Date de l'analyse.	Par kilog. et par heure. CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$
	cc	cc	
10 octobre	20,55	23,39	0,90
12 —	14,70	16,52	0,89
15 —	21,07	24,55	1,10
16 —	42,50	24,68	1,71
17 —	45,25	18,31	2,47
19 —	46,62	14,94	3,12

2e *Fruit. Poids* 112gr,70. *Température* 15°.

Date de l'analyse.	Par kilog. et par heure. CO² dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
	cc	cc	
12 octobre..........	11,92	13,54	0,88
14 —	15,55	14,02	1,11
16 —	14,27	10,57	1,35
18 —	10,49	8,32	1,26
20 —	9,91	8,26	1,20
23 —	8,27	6,73	1,23
25 —	8,59	6,82	1,26

TABLEAU 57.

RESPIRATION A 20° D'UN KAKI OCHIRAKAKI PESANT 121gr,30.

DATE de L'ANALYSE	CARACTÈRES du FRUIT	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO² DÉGAGÉ (Par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	cc.	cc.	
26 octobre......	Rouge vif. Consistance ferme. Beaucoup de tannin. Saveur astringente. Pas d'alcools ni d'acides volatils.	48,75	8,06	8,67	0,93
29 —		60,33	7,56	8,31	0,91
31 —		52,50	7,61	8,36	0,91
2 novembre...		47,18	8,01	8,80	0,91
4 — ...		47, »	7,73	8,59	0,90
6 — ...		46, »	7,87	8,20	0,96
8 — ...		45,66	7,36	8, »	0,92
11 — ...		70,58	5,94	7,15	0,83
14 — ...		70,33	5,63	6,55	0,86
17 — ...		72,92	5,48	5,82	0,94
20 — ...		71,82	5,27	5,73	0,92
23 — ...		71,50	5,24	5,82	0,90
27 — ...		93,42	5,34	5,68	0,94
30 — ...		73,82	5,60	5,95	0,94
3 décembre...		71,08	5,95	6,61	0,90
7 — ...	Rouge foncé. Consistance molle. Pas de tannin. Saveur sucrée. Pas d'alcools ni d'acides volatils.	85,42	6,09	6,69	0,91

A la fin de l'expérience les deux fruits sont devenus mous; ils ont complètement perdu leur tannin, leur saveur est sucrée et celui qui a mûri à 30° offre seul un léger parfum.

TABLEAU 58.

RESPIRATION A 18° D'UN KAKI DÉPOURVU DE GRAINES.

DATE DE L'ANALYSE.	CARACTÈRES DU FRUIT.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
			par kilog. et par heure.		
		h.	cc.	cc.	
14 novembre..	Poids 144gr,95. Couleur rouge pâle. Consistance ferme. Tannin abondant, saveur astringente. Pas d'alcool.	93,08	5,32	6,41	0,83
18 — ..		98,26	5,16	5,79	0,89
22 — .		94,42	5,30	5,89	0,90
26 — ..		92,50	4,52	5,14	0,88
30 — ..		99,00	4,58	4,93	0,93
4 décembre..		95,00	4,88	5,30	0,92
8 — ..		94,18	2,85	3,10	0,90
12 — ..		94,18	4,28	4,91	0,87
16 — ..		96,00	3,37	3,75	0,90
21 — ..		111,92	3,15	3,54	0,89
26 — ..		122,75	3,47	3,73	0,93
31 — ..		122,00	4,19	4,87	0,86
5 janvier....		117,25	3,16	3,48	0,91
10 —		118,92	3,42	3,93	0,87
15 —		119,88	3,79	4,35	0,87
20 —		111,18	3,81	4,38	0,87
25 —		122,75	3,90	4,40	0,89
30 —		121,58	4,23	4,60	0,92
4 février....	Couleur rouge vif.	118,75	4,40	5,50	0,80
8 —		102,32	5,37	6,32	0,85
12 — ...		98,58	4,42	5,14	0,86
16 —		94,75	5,48	6,75	0,81
20 —		93,50	5,57	6,40	0,87
24 —		93,00	5,15	6,21	0,83
28 —		99,50	5,45	6,64	0,82
4 mars......	Poids 134gr,50. Couleur rouge foncé. Consistance semi-molle. Pas de tannin, saveur sucrée, pas d'alcool.	92,33	5,91	6,79	0,87

La méthode de M. Duclaux nous révèle dans le fruit mûri à 30° la présence d'une quantité appréciable d'alcool éthylique pur et d'acide acétique ainsi que celle de traces d'acide formique. Rien de tout cela n'existe dans le fruit mûr à 15°, c'est à peine si l'on peut soupçonner l'existence de traces d'alcool éthylique. Or l'examen du tableau 56 nous montre que le premier fruit dont l'intensité respiratoire est deux fois plus forte que celle du second présente également un quotient deux fois plus élevé (3,12 au lieu de 1,15). L'étude des fruits de *Diospyros costata* comme celle des *kaki Zendji* nous permet donc d'affirmer l'existence de relation très étroites entre le quotient supérieur à l'unité, la production d'alcool et l'activité vitale exagérée. Si l'un de ces phénomènes ne se produit pas, les deux autres ne se manifestent pas non plus. C'est ce que montre également l'étude du tableau 57 où sont consignées les respirations à 20° d'un kaki appartenant à la variété *Ochirakaki*, variété pourvue de graines comme la variété *Zendji*, alors que les fruits de *Diospyros costata* et ceux que nous étudierons tout à l'heure n'en possèdent pas.

Ce tableau montre en effet qu'à 20° l'intensité respiratoire du fruit est si faible que l'oxygène emprunté à l'atmosphère est suffisant pour les réactions chimiques qui se passent dans les cellules, même quand le fruit se ramollit ; aussi le quotient respiratoire est-il constamment inférieur à l'unité, où s'il continue à disparaître pendant que l'alcool se produit. Or de la résolution de cette question dépend l'élimination de l'une des deux hypothèses (2e ou 3e) que nous avons précédemment émises sur la disparition du tannin.

Pour arriver à ce résultat nous avons entrepris deux nouvelles expériences.

Deux kakis (de variété indéterminée), rouge pâle, presque mûrs, sont placés l'un à 18°, l'autre à 33° le 10 novembre.

Le premier (tableau 58) est resté près de quatre mois dans nos appareils ; il a subi une évolution très lente, est devenu rouge foncé et de consistance semi-molle ; il ne possède plus du tout de tannin à la fin de l'expérience et l'analyse

TABLEAU 59.

RESPIRATION A 33° D'UN KAKI DÉPOURVU DE GRAINES.

DATE DE L'ANALYSE.	CARACTÈRES DU FRUIT.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ. par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ. par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	cc.	cc.	
13 novembre..	Poids 129gr,20. Couleur rouge pâle. Consistance ferme. Tannin abondant. saveur astringente. Pas d'alcool.	62,00	15,58	18,50	0,84
15 — ..		49,00	15,41	17,32	0,89
17 — ..		47,18	12,27	14,10	0,87
19 — ..		48,00	12,14	13,63	0,89
23 — ..		49,08	14,35	15,60	0,92
25 — ..		52,00	11,71	14,29	0,82
28 — ..		66,58	10,38	12,50	0,83
4 décembre..		73,25	11,76	13,51	0,87
7 — ..		72,50	11,09	13,20	0,84
10 — ..		69,58	11,88	13,36	0,89
12 — ..		56,25	11,02	13,42	0,84
15 — ..		65,42	11,26	13,90	0,81
17 — ..		56,18	11,52	14,22	0,81
20 — ..		60,82	11,67	14,58	0,80
22 — ..		54,33	13,89	16,53	0,84
24 — ..		48,48	15,40	17,90	0,86
26 — ..	Couleur rouge vif. Consistance semi-molle.	42,92	17,45	20,29	0,86
28 — ..		45,92	17,30	20,36	0,85
30 — ..		43,75	16,95	19,94	0,85
31 — ..		33,75	22,06	25,36	0,87
2 janvier....		40,25	22,81	25,07	0,95
4 —	Poids 126 gr. Couleur rouge foncé. Péricarpe mou, translucide. Saveur sucrée, pas de tannin. Pas d'alcool ni d'acides volatils.	43,08	25,10	23,02	1,09

n'y décèle aucune trace d'alcool. Le quotient est demeuré constamment inférieur à l'unité. Ces résultats confirment entièrement l'hypothèse de la transformation du tannin avec dégagement d'une quantité de gaz carbonique inférieure à la quantité d'oxygène absorbé.

Quant au second kaki placé à 33°, son intensité respiratoire est trois fois plus forte, aussi son évolution est-elle beaucoup plus rapide (tableau 59).

Dès le 26 décembre il fonce en couleur et commence à se ramollir ; cependant le quotient est inférieur à l'unité. Le 4 janvier, c'est-à-dire moins de deux mois après sa séparation de l'arbre, commence la seconde période, celle de la fermentation, car le quotient respiratoire devient supérieur à l'unité ; aussi arrêtons-nous l'expérience. Plus d'astringence, saveur simplement sucrée, aucun parfum. L'analyse ne révèle ni acides volatils ni alcools ; le tannin a complètement disparu. Ces diverses constatations nous permettent d'éliminer la deuxième hypothèse et nous autorisent à interpréter comme suit les phénomènes qui se produisent pendant la maturation des fruits charnus sucrés contenant du tannin :

La respiration des fruits charnus sucrés contenant du tannin varie avec la température ; mais quelle que soit cette dernière, le tannin disparaît toujours avant que le quotient ne devienne supérieur à l'unité.

Aux basses températures, l'oxygène de l'atmosphère qui peut pénétrer dans le fruit est capable de déterminer des réactions d'oxydation fournissant une quantité d'énergie supérieure à celle que nécessite la vie des cellules ; aussi le quotient respiratoire est-il toujours inférieur à l'unité.

Aux températures élevées, tant qu'il y a du tannin, la quantité d'oxygène formée par l'atmosphère est également suffisante pour les réactions cellulaires ; par suite le quotient respiratoire est encore inférieur à l'unité ; mais, dès que le tannin a disparu, cette quantité d'oxygène devient insuffisante et les cellules cherchent le complément d'énergie dans la fermentation de leur matière sucrée.

On peut facilement expliquer l'insuffisance que l'on constate, à partir d'une certaine température, dans la quantité d'oxygène fournie par l'atmosphère aux *kakis* ne contenant plus de tannin, par les transformations pectiques qui se produisent pendant la maturation.

Frémy (1) a montré que les fruits acides verts ne contiennent que de la « pectose insoluble » et pas de pectine ; il a montré aussi que, lorsque la maturation s'avance, la « pectose se transforme en pectine » sous l'action simultanée des acides et de la chaleur ; les fruits tournent, leur consistance devient molle.

Nous avons constaté que des modifications semblables se produisent chez les kakis. Ces fruits, quand ils sont verts, possèdent une grande quantité de tannin et ne contiennent que la substance appelée par Frémy pectose insoluble. Le tannin est encore très abondant chez ces fruits quand ils sont devenus rouges, presque mûrs, mais leur consistance étant encore ferme ; à cette époque ils ne présentent que des traces de pectine. Aussi, le suc de ces fruits filtré ne donne-t-il par l'alcool qu'un précipité très faible ; ce même suc, acidulé et bouilli, ne se prend pas en gelée par le refroidissement. Au contraire, aussitôt que le tannin a disparu, les fruits qui étaient durs et opaques, deviennent mous, presque translucides ; l'alcool donne avec leur suc un abondant précipité. Ce suc acidulé et bouilli se prend en gelée par le refroidissement.

Les kakis contiennent donc à ce moment une quantité considérable de pectine. Nous devons, par suite, admettre que le *tannin empêche la formation de la pectine*. Or les travaux de M. Mangin ont établi que la pectose est combinée dans les parois des cellules à la cellulose, sous forme de

(1) Frémy, *Recherches sur la pectine et l'acide pectique* (J. de Ph., t. XXVI, p. 368, 1840). *Mémoire sur la maturation des fruits* (Annales de Chimie, 3e série, t. XXIV, p. 1-58, 1848). *Comptes rendus de l'Ac. des Sc.*, t. XLVIII, p. 203 (J. de Ph., 3e série, t. XXVII, p. 5). *Modification des substances gélatineuses pendant la maturation des fruits* (Enc. ch., t. IX, 2e section, 1er fasc., p. 54).

pecto-cellulose. Pendant la formation de la pectine, les parois des cellules gonflent considérablement, et le tout forme une masse compacte dans laquelle les méats intercellulaires ont disparu. L'air qui pouvait au début circuler facilement grâce à ces méats communiquant les uns avec les autres, ne peut donc plus, quand le tannin a disparu, circuler qu'en se dissolvant dans la masse pectique, c'est-à-dire très lentement, On comprend donc que, à partir du moment où la transformation est complète, les cellules du fruit ne reçoivent qu'une quantité très faible d'oxygène et s'asphyxient si, par suite de la température très élevée, leur activité vitale est considérable. Cette manière de voir est confirmée par la remarque que nous avons formulée au sujet des expériences faites aux températures élevées (tableaux 52, 56), à savoir que la quantité d'oxygène absorbé quand les quotients respiratoires sont très élevés est beaucoup plus faible que lorsque les quotients sont inférieurs à l'unité. Si, comme dans les expériences 53, 56, II, la température étant moins élevée, l'activité vitale est plus faible, la quantité d'oxygène qui parvient aux cellules est moins insuffisante et les quotients sont moins élevés ; d'ailleurs la différence entre les quantités d'oxygène absorbé, quand les quotients sont supérieurs à l'unité et quand ils sont inférieurs à cette valeur est bien moins considérable aux températures moyennes qu'aux températures élevées.

Enfin, si la température est encore plus basse (exp. 54, 57, 58) ou, si la température étant moyenne, l'activité vitale des cellules est néanmoins très faible, la quantité d'oxygène qui parvient à travers la masse pectique aux cellules, est encore suffisante pour assurer les réactions vitales : il n'y a pas d'asphyxie, pas de fermentation. Un autre fait qui diminue, aux basses températures, les chances d'asphyxie, c'est la lenteur, à ces températures, de ce que l'on a appelé la transformation de la pectose en pectine, ce qui fait que la quantité d'oxygène fournie aux cellules par l'atmosphère diminue très lentement. Les kakis mûris à basse tempéra-

ture conservent une consistance plus ferme et une perméabilité plus grande que les kakis mûris à haute température.

L'examen des tableaux 53 et 56, I, montre que, peu de temps avant la période où les quotients sont supérieurs à l'unité et même au début de cette période, la quantité d'oxygène absorbé devient plus considérable. Cette augmentation passagère de l'intensité respiratoire semblable à celle que nous avons vue dans les pommes est due peut-être en partie à une combustion plus active du tannin au moment où celui-ci va disparaître complètement ; mais elle a certainement pour cause principale l'activité vitale nécessaire à la production de la pectine.

Nous ne pouvons cependant invoquer cette augmentation de l'activité cellulaire que comme un déterminant très secondaire de l'asphyxie, car non seulement elle se produit également dans les expériences 57 et 58 où l'on n'observe jamais de quotient de fermentation, mais encore elle n'est pas constante puisqu'on ne la remarque pas dans les expériences des tableaux 56, II, et 52 où cependant les quotients deviennent supérieurs à l'unité.

Conclusions. — La respiration caractérisée par l'élévation du quotient respiratoire au-dessus de l'unité, respiration constatée seulement aux températures élevées chez les kakis dont le tannin a complètement disparu, est due au phénomène connu sous le nom de transformation de la pectose du fruit en pectine et à l'asphyxie des cellules qui en est la conséquence.

INFLUENCE DU SECTIONNEMENT SUR LA RESPIRATION DES KAKIS.

1° *Kakis dépourvus de tannin et présentant le quotient de fermentation.* — Un fruit de *Diospyros costata* mûri à la température de 33°, rouge, offrant une consistance molle, a donné les chiffres suivants pour l'échange gazeux entre l'atmosphère et lui :

24 décembre... CO^2 : 40^{cc},38 ; O : 16^{cc},22 ; $\frac{CO^2}{O} = 2,49$

26 décembre... CO^2 : $43^{cc},93$; O : $21^{cc},99$; $\frac{CO^2}{O} = 2$

Il a été ensuite coupé en deux moitiés semblables ; l'une offre une saveur sucrée, ne présente pas trace de tannin et contient de l'alcool ; l'autre, placée à 33°, respire de la façon suivante :

26 décembre... CO^2 : $49^{cc},83$; O : $21^{cc},17$; $\frac{CO^2}{O} = 1,98$

27 — ... CO^2 : $41^{cc},01$; O : $28^{cc},98$; $\frac{CO^2}{O} = 1,52$

Ces chiffres prouvent que le sectionnement diminue le quotient de fermentation des fruits de *Diospyros* dépourvus de tannin ; mais cette diminution est faible et le quotient n'en reste pas moins supérieur à l'unité. Ce fait s'explique facilement : dans les fruits où s'est formée la pectine, que le péricarpe soit sectionné ou non, il n'en constitue pas moins une masse dépourvue de méats intercellulaires ; l'oxygène est donc obligé dans le premier cas, tout aussi bien que dans le second, de se dissoudre pour arriver aux cellules. Dans le fruit sectionné, l'épaisseur de la masse étant moins considérable, les cellules les plus profondes reçoivent une quantité d'oxygène légèrement supérieure à celle qui leur parvient dans le fruit entier ; mais cette quantité est encore insuffisante, de sorte que les cellules continuent à vivre par la fermentation de leurs réserves sucrées ; on peut constater d'ailleurs dans l'exemple précédent que la quantité d'oxygène aborbée par le fruit sectionné est peu supérieure à celle qui est absorbée par le fruit entier.

2° *Kakis contenant du tannin et dont le quotient est inférieur à l'unité.* — Un fruit de *Diospyros costata*, rouge, de consistance ferme et pesant $80^{gr},70$, étant mis à 18°, dégage le 2 janvier $3^{cc},22$ de gaz carbonique et absorbe $3^{cc},79$ d'oxygène : $\frac{CO^2}{O} = 0,85$.

Ce fruit est ensuite coupé en trois parties semblables : l'une accuse la présence d'une grande quantité de tannin et

ne contient pas d'alcool ; les deux autres placées, la première à 33° et la seconde à 18°, donnent les chiffres suivants que nous rapprochons des chiffres fournis par le fruit entier :

Date de l'analyse.	CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
Fruit entier 18°.			
2 janvier	3,22	3,79	0,85
Fruit sectionné 33°.			
3 janvier	23,49	27,21	0,86
4 —	24,88	31.90	0,70
Fruit sectionné 18°.			
4 janvier	8,69	11,29	0,77
6 —	7,27	8,76	0,83

Ce rapprochement nous montre que, quelle que soit la température à laquelle la partie sectionnée a été portée, le sectionnement a diminué le quotient respiratoire déjà inférieur à l'unité de notre fruit ; quant à l'intensité respiratoire, elle a au contraire augmenté considérablement.

La comparaison de ces résultats à ceux que nous ont donnés les fruits acides placés dans les mêmes conditions montre que :

Chez les *kakis*, le sectionnement détermine des effets différents, suivant que ces fruits ne contiennent pas de tannin et offrent un quotient de fermentation, ou contiennent du tannin et présentent un quotient inférieur à l'unité.

Dans le premier cas, le sectionnement diminue légèrement le quotient de fermentation qui reste cependant supérieur à l'unité; l'intensité respiratoire est à peine augmentée. Ces *kakis* se comportent d'une façon toute différente des fruits acides, où le sectionnement détermine une augmentation considérable du quotient et de l'intensité respiratoire. Dans le second cas, le sectionnement diminue aussi le quotient respiratoire qui, déjà avant cette opération, était inférieur à l'unité, mais il augmente beaucoup l'intensité respiratoire. Ces kakis se comportent comme les fruits sucrés et acides

qui ont complètement perdu leur acide ou comme les tubercules de pomme de terre et autres portions charnues.

TENEUR EN SUBSTANCES SUCRÉES DES KAKIS AVANT ET APRÈS LA DISPARITION DU TANNIN.

Deux fruits de *Dyospyros costata* presque mûrs, rouges, de consistance ferme et présentant l'un et l'autre les mêmes caractères de maturité, sont, le 9 octobre, l'un analysé, l'autre placé à 30° jusqu'à ce qu'il soit devenu mou et que son quotient de fermentation soit suffisamment élevé. Il a fallu pour obtenir ce résultat une période de dix jours pendant lesquels le fruit a fourni les respirations suivantes :

Date de l'analyse.	Par kilogr. et par heure — CO^2 dégagé.	Par kilogr. et par heure — O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
	cc	cc.	
10 octobre........	20,15	23,39	0,90
12 —	14,70	16,52	0,89
15 —	27,01	24,55	1,10
16 —	42,20	24,68	1,71
17 —	45,25	18,31	2,47
19 —	46,62	19,94	3,12

Voici la composition chimique de ces deux fruits :

Date de l'analyse.	Tannin.	Alcool.	Sucres réducteurs en glucose.	Totalité des sucres.	Hydrates de carbone saccharifiables.
9 octobre...	En abondance.	Absence.	30gr,65	58gr,67	1gr,13
19 — ...	Absence.	Présence.	58gr,56	60gr,15	0gr,75

Ces analyses montrent que pendant la disparition du tannin, la quantité de matière sucrée n'a pas varié. Il ne s'est produit qu'une transformation du sucre non réducteur en sucre réducteur dont la quantité est le 19 octobre deux fois plus grande que le 9 octobre : Nous pouvons donc dire que *le tannin disparaît dans les fruits sans qu'il semble donner naissance à des matières sucrées; pendant sa destruction, le quotient respiratoire du fruit est inférieur à l'unité.*

L'étude de la respiration du *Sterigmatocystes nigra* cultivé

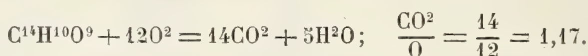
sur une solution de tannin va nous permettre de préciser davantage ces conclusions.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA CULTIVÉ SUR UN MILIEU CONTENANT DU TANNIN.

Des filaments mycéliens de cette moisissure, cultivés sur 50 centimètres cubes de solution minérale contenant 2 grammes de tannin, ont été placés alternativement à 33° et à 14°.

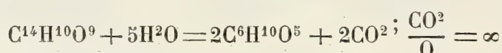
La culture a dégagé 1047cc,27 de gaz carbonique et a absorbé 978cc,30 d'oxygène : $\frac{CO^2}{O}$ général $= 1,06$; il s'est formé 0gr,36 de mycélium desséché et il ne reste aucune substance organique dans la liqueur.

En attribuant au tannin la formule $C^{14}H^{10}O^9$, puisque la synthèse de Schiff a établi que ce corps est l'éther digallique, on obtient 1,17 comme valeur du quotient d'oxýdation complète.



$$C^{14}H^{10}O^9 + 12O^2 = 14CO^2 + 5H^2O; \quad \frac{CO^2}{O} = \frac{14}{12} = 1,17.$$

Puisqu'il s'est formé des hydrates de carbone dans notre culture, le quotient respiratoire devrait être supérieur à 1,17, puisque le quotient maximum de formation des hydrates de carbone aux dépens de l'éther digallique est infini.



$$C^{14}H^{10}O^9 + 5H^2O = 2C^6H^{10}O^5 + 2CO^2; \quad \frac{CO^2}{O} = \infty$$

Le quotient général 1,06 que nous avons obtenu étant inférieur même au quotient d'oxydation complète, nous sommes obligé, puisqu'il n'existe dans la culture aucune autre substance organique que le mycélium, d'admettre que le tannin dont nous nous sommes servi ne possède pas la formule indiquée par Schiff. D'ailleurs, une prise de liquide faite le 16 mars, quand le quotient respiratoire commençait à diminuer, nous a révélé à côté d'une très faible quantité

de tannin, la présence de sucres réducteurs. Ce fait ne peut s'expliquer que par la présence, dans le tannin dont nous nous sommes servi, tannin retiré des noix de galles et préparé à l'éther, d'une certaine quantité de matière sucrée.

Du reste M. Van Tieghem (1), dans son étude sur la fermentation gallique, a rencontré, dans les solutions de tannin fermentées, du glucose à côté de l'acide gallique; la somme de ces deux substances équivalait à peu près au poids du tannin détruit. Si nous ajoutons que les formules du tannin données par Pelouze et Liebig (2) et par Strecker (3) sont différentes de celles de Schiff, et peuvent s'obtenir, ainsi que M. Duclaux l'a montré (4), en ajoutant à de l'acide gallique des proportions différentes de glucose, nous pouvons penser avec M. Duclaux et comme il est dit dans le *Dictionnaire* de Wurtz (5), que le tannin de la noix de galle est un glucoside dédoublable en glucose et en tannin réel; le tannin préparé à l'éther contiendrait une portion indécomposée de ce glucoside. D'ailleurs ce tannin bouilli avec l'acide sulfurique dilué donne du glucose (6). Le quotient que nous avons obtenu doit donc être considéré comme représentant le quotient fourni par le tannin et dont la valeur serait abaissée par le quotient d'oxydation du glucose qui l'accompagne.

Ceci posé, l'examen des quotients successifs du tableau 60 nous montre qu'on peut considérer trois périodes dans la respiration de notre moisissure.

Pendant la première période qui va du 5 au 15 mars, la moisissure consomme de préférence le tannin, que la température soit 33° ou 14°, et les quotients sont pendant cette période, voisins de 1,12. Cependant, à 33°, les quotients sont un peu supérieurs aux quotients obtenus à 14°; cela nous montre que, aux températures élevées, le tannin pur est

(1) Van Tieghem, *Ann. des sc. nat.*, t. LVIII, 1868.
(2) Pelouze, *Ann. de Ch. et de Ph.*, t. LIV, p. 337, 1833.
(3) Strecker, *Ann. der Ch. und Ph.*, t. LXXXI, p. 247.
(4) Duclaux, *Chimie biologique*, 1883, p. 229.
(5) Vol. V, p. 193.
(6) Van Tieghem, *Traité de Botanique*.

consommé plus rapidement, par rapport au glucose, qu'à la température de 14°. Durant cette période, la production du mycélium est très abondante.

Pendant la seconde période qui va du 16 au 18 mars, le mycélium s'accroît très peu ; la moisissure n'a presque plus de tannin à consommer, mais elle utilise le sucre réducteur contenu dans la liqueur ; aussi le quotient diminue-t-il de plus en plus. Enfin, pendant la troisième période, le mycélium vit de ses réserves et le quotient est inférieur à l'unité.

Le fait capital qui se dégage de cette étude est le suivant :

TABLEAU 60.

RESPIRATION DU STERIGMATOCYSTIS NIGRA, A DIVERSES TEMPÉRATURES, CULTIVÉ SUR UNE SOLUTION CONTENANT 2 GRAMMES DE TANNIN.

DATE de l'analyse	TEMPÉRATURE	DURÉE de l'expérience	CO^2 dégagé	O absorbé	$\frac{CO^2}{O}$
Première période.					
		h.	c.c.	c.c.	
5 mars (matin)...	33°	49, »	122,30	108,30	1,13
5 — (soir).....	33°	6, »	58,58	52,30	1,12
6 —	14°	11, »	36,69	35,98	1,02
8 —	14°	41, »	80,95	74,95	1,08
9 —	14°	29,50	59,43	55,02	1,08
11 —	14°	41,25	77,08	70,07	1,10
13 —	14°	45,25	96,84	86,47	1,12
14 —	14°	30,08	64,17	59,42	1,08
15 —	33°	11,50	96,60	86,25	1,12
Deuxième période. — Peu de tannin, beaucoup de sucre réducteur.					
16 mars..........	33°	13. »	100,70	92,35	1,09
17 —	33°	16, »	93,61	88,41	1,06
18 —	33°	20,75	72,37	71,65	1,01
Troisième période. — Pas de tannin, pas de sucre réducteur.					
20 mars	33°	46, »	52,82	60,71	0,87
24 —	33°	101, »	25,13	36,42	0,69
Total................................			1037,27	978,30	

$\frac{CO^2}{O}$ moyen.. 1,06

Poids du mycélium desséché.................... 0gr,36

Le tannin, pour donner naissance à des hydrates de carbone, dégage plus de gaz carbonique qu'il n'absorbe d'oxygène.

Or dans tous nos kakis, fruits qui sont constitués par un mélange de matières sucrées et de tannin, le tannin a disparu sans que le sucre ait sensiblement diminué, pendant que le fruit dégageait une quantité de gaz carbonique toujours inférieure à la quantité d'oxygène absorbé.

Nous conclurons donc que *dans les fruits contenant du tannin, celui-ci disparaît par oxydation complète, sans donner naissance à des hydrates de carbone.* Cette conclusion est la confirmation absolue des idées si souvent émises par M. Chatin, idées contraires à la théorie de Buignet, d'après laquelle les matières tannoïdes des fruits se transformeraient en substance sucrée. En terminant cette étude de la maturation des fruits à tannin, nous grouperons de la façon suivante les différentes conclusions que nous avons formulées successivement au sujet des faits que cette étude nous a révélés :

Les fruits charnus sucrés contenant du tannin respirent, quelle que soit la température à laquelle ils sont soumis, en dégageant moins de gaz carbonique qu'ils n'absorbent d'oxygène, tant que le tannin n'a pas disparu complètement. Cette substance se transforme par oxydation complète en gaz carbonique et en eau, sans production d'hydrates de carbone.

Dès que le tannin a disparu, on constate la formation de pectine dont le gonflement fait disparaître les méats intercellulaires et diminuer par suite la quantité d'oxygène qui peut arriver jusqu'aux cellules, alors que cette transformation accroît le besoin en oxygène des cellules.

Tant que la température est suffisamment basse pour que l'activité cellulaire peu intense se contente de l'énergie dégagée dans les combustions produites par l'oxygène libre, la respiration continue à présenter un quotient inférieur à l'unité.

Aussitôt que la température est suffisamment élevée pour que l'activité cellulaire exige une quantité d'énergie supérieure à la quantité fournie par l'oxygène libre, les cellules empruntent l'énergie qui leur manque à la fermentation des matières

sucrées. Le dégagement de gaz carbonique qui en résulte vient s'ajouter à celui de la respiration ordinaire, pour déterminer un quotient supérieur à l'unité que l'on peut appeler quotient de fermentation.

Le quotient de fermentation diffère du quotient d'acides que nous avons rencontré dans les fruits acides : par son apparition tardive, par les températures basses auxquelles il continue à se manifester, par sa valeur beaucoup plus grande, par la diminution de l'intensité respiratoire au moment où il se manifeste, par la formation corrélative d'alcool dans le fruit.

La valeur du quotient de fermentation est très peu abaissée par le sectionnement qui diminue à peine les obstacles que l'oxygène rencontre pour arriver jusqu'aux cellules ; aussi l'intensité respiratoire augmente-t-elle à peine. Au contraire, tant que les fruits contenant encore du tannin ont, par suite, un quotient inférieur à l'unité, le sectionnement augmente beaucoup leur intensité respiratoire tout en diminuant leur quotient. Dans le premier cas les fruits sectionnés se comportent d'une façon opposée à celle des fruits sectionnés contenant des acides ; dans le second cas, ils se comportent comme les fruits sectionnés qui ont brûlé tout leur acide et comme les portions charnues des plantes.

RECHERCHES SUR LA MATURATION DES FRUITS CHARNUS SUCRÉS CONTENANT DE L'AMIDON.

On peut dire que les substances sucrées et l'amidon n'existent jamais seuls dans les fruits ; ils sont généralement accompagnés de tannins et assez souvent d'acides.

C'est ainsi que d'après les recherches de Buignet (1) les bananes (*Musa*) que nous avons prises comme type de ce groupe contiennent, quand elles sont jeunes, alors que le sucre n'est encore qu'à l'état de traces, une notable proportion de tannin en outre de l'amidon. Mais ce tannin diminue

(1) *Loc. cit.*

avec les progrès du développement du fruit et, dans les bananes vertes encore, mais adultes, que nous avons étudiées, il n'existe qu'en très petite quantité.

Les bananes présentent également une certaine acidité que Boussingault (1), puis Corenwinder (2), attribuaient à l'acide malique. Il résulte de nos recherches que cette acidité est due principalement à de l'acide citrique, l'acide malique n'existant qu'à l'état de traces. Néanmoins, la quantité totale de ces deux acides ne dépassant guère un gramme par kilogramme de fruit, nous pouvons faire abstraction de l'acide aussi bien que du tannin et considérer les bananes vertes, mais adultes, comme contenant simplement de l'amidon et des matières sucrées.

Boussingault, Buignet, Corenwinder, Ricciardi, Sagot, etc., se sont occupés exclusivement des modifications chimiques qui se produisent dans les bananes pendant leur maturation, sans aborder l'étude des échanges gazeux correspondants. Nous mènerons de front ces deux études, en appliquant aux bananes la méthode de recherches qui nous a servi pour les fruits acides et pour les fruits à tannin.

RESPIRATION DES BANANES PLACÉES A DIVERSES TEMPÉRATURES.

Trois bananes vertes, arrivées au même stade de développement, sont placées respectivement à 0°, à 13° et à 30°.

Le péricarpe fibreux du fruit placé à 0° brunit au bout de peu de temps, ce qui indique une altération rapide. Ce fait, en nous montrant que les bananes ne peuvent pas supporter les températures voisines de 0°, nous explique la localisation des Bananiers dans les pays chauds où la température ne subit que de faibles variations. Quant aux deux premières bananes, elles passent par toutes les phases de la maturité. Leur péricarpe fibreux, vert au début, devient vert jaunâtre, puis jaune; enfin, dans l'expérience faite à 30°, le blettisse-

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*

ment devient tel que la surface du fruit est complètement brune, c'est-à-dire semblable à celle de la banane placée à 0°. A la fin de l'expérience, les deux bananes mûries à 30° et à 13° offrent un certain nombre de différences semblables à celles que nous avons observées dans les *kakis Zendji* mûris aux mêmes températures. La banane mûrie à 30° (tableau 61), comme le *kaki Zendji* placé à la même température, est très parfumée; sa consistance est molle; la pectine est très abondante et l'on constate la présence d'alcools et d'acides volatils (alcool éthylique, mélangé d'une quantité d'alcool amylique plus grande que dans le kaki, acides acétique, formique et valérianique).

La banane mûrie à 13° (tableau 62), comme le *kaki Zendji* mûri à 0°, l'ochirakaki mûri à 15°, etc., etc., ne dégage pas de parfum ; sa consistance est ferme ; la pectine est en moins grande quantité ; on ne constate ni alcools, ni acides volatils.

Cette dernière remarque permet de comprendre les résultats obtenus par M. Ricciardi (1).

Si cet auteur n'a pas pu déceler la présence d'alcool dans la pulpe de « deux bananes qu'il avait laissées sur la grappe jusqu'à ce que l'écorce fût devenue presque noire », c'est que probablement les fruits avaient mûri à basse température.

L'examen des chiffres relatifs aux respirations, inscrits dans les tableaux 61 et 62, va encore accentuer davantage les rapprochements que nous avons faits entre les bananes et les kakis.

En effet, comme les kakis mûris à basse température, la banane mûrie à 13° ne présente que des quotients respiratoires inférieurs à l'unité, et son intensité respiratoire augmente avec les progrès de la maturation. La quantité d'oxygène absorbée à la fin de l'expérience est double de celle qui est absorbée au début. Cette augmentation est donc beaucoup plus marquée chez les bananes que chez les kakis.

(1) *Loc. cit.*

TABLEAU 61.

RESPIRATION A 30° D'UNE BANANE VERTE. POIDS 77gr,67.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure CO2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO_2}{O}$.
		h	cc	cc	
23 janvier...	Vert. Aucun parfum. Consistance ferme.	35	20,50	31	0,66
24 — ...		24	31,60	32,90	0,96
25 — ...	Léger parfum.	35,50	54,40	32	1,70
26 — ...		16,50	60,40	66,10	1,05
27 — ...	Vert jaunâtre.	15,50	69,40	72,30	0,96
28 — ...		14,25	62,10	65,30	0,95
29 — ...		12,50	69,30	72,20	0,96
30 — ...		18	56,70	60,40	0,94
31 — ...	Jaune verdâtre.	13	64,50	64,50	1
1er février...		15	64,65	68,10	0,95
2 — ...		15,25	66,70	70,70	1,06
3 — ...		14,75	63,20	55,90	1,13
5 — ...	Jaune. Parfum augmente d'intensité. Consistance semi-molle.	16,75	84,50	54,20	1,56
6 — ...		14	72,48	52,14	1,39
8 — ...		29	46,55	43,10	1,08
11 — ...		16	44,50	17,80	2,50
14 — ...	Brun. Parfum intense. Consistance molle.	16	50,21	12,90	3,89

De même, comme avec les kaki Zendji placés aux températures élevées, on observe avec la banane soumise à la température de 30° un certain nombre de quotients respiratoires supérieurs à l'unité; mais, tandis que ces quotients ne sont constatés chez les kakis qu'à la fin de l'expérience, à l'époque où le fruit tourne, chez les bananes ils alternent avec des quotients inférieurs à l'unité. Cependant, à la fin de l'expérience, quand la pulpe de la banane tombe en déliquium, on observe une série continue de quotients supérieurs à l'unité, correspondante à la série signalée chez les kakis.

L'alternance des quotients respiratoires supérieurs et inférieurs à l'unité s'explique par la formation successive de

TABLEAU 62.

RESPIRATION A 13° D'UNE BANANE VERTE. POIDS 65gr,40.

DATE de L'ANALYSE.	CARACTÈRES du FRUIT.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.	
19 janvier	Vert. Aucun parfum. Consistance ferme.	26,17	6,83	11,77	0,58
22 —		68,18	6,47	9,24	0,70
25 —		72,58	6,66	8,33	0,80
28 —		76,82	6,33	7,63	0,83
1er février.........		88,82	6,01	7,43	0,81
4 —		72,08	6,85	8,15	0,84
8 —		89,00	9,57	12,44	0,77
11 —	Vert jaunâtre. Aucun parfum. Consistance ferme.	78,50	15,96	17,93	0,89
13 —		44,25	13,06	16,74	0,78
15 —		49,75	15,85	18,86	0,84
17 —		43,18	18,82	20,91	0,90
19 —		39,58	18,56	19,96	0,93
20 —		33,00	19,49	20,73	0,94
22 —		38,00	16,54	19,23	0,86
23 —		33,00	17,71	20,59	0,86
25 —	Jaune verdâtre. Aucun parfum. Consistance ferme.	39,58	17,54	20,40	0,86
26 —		31,08	16,55	21,22	0,78
28 —		40,58	18,19	21,40	0,85
1er mars.........		31,25	19,42	22,58	0,86
3 —		37,08	19,97	23,22	0,86
4 —	Jaune. Parfum à peine sensible. Consistance ferme.	33,00	20,97	24,38	0,86
Pulpe............................			Poids 37gr,50		
5 mars...........	Blanche. Parfum à peine sensible. Consistance ferme.	15,82	22,32	35,37	0,63

foyers de fermentation dus à une transformation pectique intense. Si nous pratiquons la section transversale d'une banane au moment où le quotient, après avoir été une première fois supérieur à l'unité, est devenu inférieur à cette valeur, on trouve qu'une région de la pulpe limitée au centre d'un des trois carpelles, est plus molle, plus translucide, plus parfumée, et contient plus de pectine que le reste du fruit. Une pareille section pratiquée sur des bananes qui, à deux ou trois reprises différentes, ont accusé un quotient supérieur à l'unité, fait découvrir dans la pulpe deux ou trois régions présentant les caractères indiqués précédemment et situées chacune dans un carpelle différent. L'activité vitale des cellules du premier foyer de fermentation augmente probablement au moment de la production du phénomène que l'on a appelé la transformation de la pectose en pectine, tandis que la quantité d'oxygène libre qui est à leur disposition diminue ; aussi, cherchant une autre source d'énergie, font-elles fermenter leurs matières sucrées. Il en résulte un quotient respiratoire supérieur à l'unité. Cette transformation achevée, l'activité vitale diminue, et les cellules se contentent de nouveau de l'oxygène libre, de sorte que le quotient redevient inférieur à l'unité, jusqu'au moment où un deuxième, puis un troisième foyer de fermentation se déclarent. Nous préférons cette façon d'interpréter l'alternance des quotients à celle qui consisterait à admettre une mort rapide des cellules du foyer de fermentation, cellules qui ne pourraient pas vivre longtemps d'une vie anaérobie. S'il en était ainsi en effet, l'intensité respiratoire, au moment où le quotient redevient inférieur à l'unité, ne devrait pas être supérieure à celle qui existe dans le moment précédent où le quotient est très élevé. De plus, elle n'explique pas la série continue des quotients supérieurs à l'unité survenant après les trois alternances, puisque alors les cellules des trois carpelles devraient être toutes mortes, tandis que la première explication permet d'admettre une nouvelle recrudescence dans l'activité cellulaire de tout le fruit à la fin de la matu-

rité, recrudescence qui engendre encore la fermentation.

La respiration des bananes est donc caractérisée :

Aux basses températures, par un quotient respiratoire toujours inférieur à l'unité et par l'augmentation de l'intensité respiratoire avec les progrès de la maturation ;

Aux températures élevées, par une alternance de quotients respiratoires supérieurs à l'unité et de quotients plus petits que cette valeur.

RÔLE DES DIVERSES PORTIONS DU PÉRICARPE DANS LA RESPIRATION DES BANANES.

Le péricarpe des bananes comprend deux portions :

L'une, externe, fibreuse ; l'autre, interne, blanche, pulpeuse. Les quotients de fermentation sont-ils fournis par ces deux portions ou simplement par la pulpe? Les modifications identiques que les progrès de la maturation déterminent dans les caractères organoleptiques et dans la composition chimique des kakis et de la pulpe des bananes, nous portent à considérer cette pulpe comme étant la cause des quotients élevés constatés avec les bananes entières. Nous en avons fait la démonstration directe de la façon suivante :

Dans une banane verte, présentant le même développement et cueillie au même moment que le fruit de l'expérience 61, nous avons séparé le péricarpe fibreux de la pulpe. Cette séparation est aussi facile que celle du zeste de l'endocarpe dans les mandarines. La pulpe blanche et de consistance ferme, placée à 30°, présente la même alternance de quotients respiratoires supérieurs à l'unité et de quotients inférieurs à cette valeur (tableau 63) que la banane entière du tableau 61. Quant au péricarpe fibreux, il a donné à 30° $\frac{CO^2}{O} = 0,90$, le 23 janvier, le jour même où le quotient de la pulpe était 1,75.

On voit que *les quotients de fermentation observés chez les bananes aux températures élevées, doivent être attribués à la respiration de la pulpe.*

TABLEAU 63.

RESPIRATION A 30° DE LA PULPE D'UNE BANANE VERTE. POIDS 44gr,50.

DATE de l'expérience.	CARACTÈRES de la pulpe.	DURÉE de l'expérience	CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	cc.	cc.	
23 janvier.....	Blanche. Consistance ferme. Léger parfum.	19	101,20	61,50	1,75
24 —		20	90	56	1,58
25 —	Consistance ferme. Aucun parfum.	12	127,30	124,80	1,02
26 —		8,50	114,40	115,60	0,99
27 —		14	98,13	101,20	0,97
27 —		10,75	102,90	87,93	1,17
28 —		11	133,50	71,01	1,88
28 —		7,50	148,20	87,69	1,69
29 —	Consistance semi-molle. Parfum intense.	11,50	71,50	54,17	1,32

Celle-ci présente absolument les mêmes caractères d'alternance de quotients supérieurs et de quotients inférieurs à l'unité, que la pulpe soit enveloppée du péricarpe fibreux ou qu'elle en soit séparée.

Ce n'est donc pas au péricarpe fibreux qu'il faut attribuer la diminution de l'apport d'oxygène aux cellules de la pulpe, diminution qui détermine en partie l'apparition du quotient de fermentation.

Chaque quotient respiratoire supérieur à l'unité est déterminé par une formation intense de pectine, laquelle se produit dans la pulpe d'un des trois carpelles. Cette formation exige une dépense d'énergie considérable, tout en diminuant la quantité d'oxygène libre dont les cellules peuvent disposer. Celles-ci ne trouvant plus assez d'oxygène pour produire les réactions susceptibles de dégager l'énergie nécessaire, empruntent cette énergie à la fermentation des matières sucrées.

L'asphyxie des cellules, due à l'obstruction des méats intercellulaires par la pectine, n'est pas beaucoup atténuée

TABLEAU 64.

RESPIRATION A 30° ET COMPOSITION CHIMIQUE DES BANANES AUX DIVERS MOMENTS DE LA MATURATION.

DATE DE L'ANALYSE.	COULEUR.	$\frac{CO^2}{O}$			ANALYSE DE LA PULPE.				
		BANANE ENTIÈRE.	PARTIE FIBREUSE.	PULPE.	ACIDES non volatils exprimés en acide citrique.	RAPPORT des acides acétique, formique et valérianique.	SUCRES réducteurs exprimés en glucose.	TOTALITÉ des sucres exprimée en glucose.	TOTALITÉ des hydrates de carbone en glucose.
					gr.		gr.	gr.	gr.
12 avril.....	Verte.............	$\frac{95,30}{113,40}=0,84$	$\frac{46,20}{57}=0,81$	$\frac{212}{275}=0,77$	3,09	$\frac{f+a}{v}=0$	12,41	77,63	215,10
16 —	Vert jaunâtre.......	$\frac{111,50}{66,80}=1,67$	$\frac{94,20}{117,70}=0,80$	$\frac{144}{145}=0,99$	»	»	»	»	»
21 —	Jaune.............	$\frac{90,70}{104}=0,87$	$\frac{150,10}{165,90}=0,91$	$\frac{143,50}{159,40}=0,90$	2,59	$\frac{f+a}{v}=0,8$	64,27	174,80	221,20
25 —	3/4 jaune 1/4 brune.	$\frac{101,60}{92}=1,09$	$\frac{178,70}{194}=0,92$	$\frac{129,60}{116,70}=1,11$	2,92	$\frac{f+a}{v}=2,5$	85,49	190,00	200,00
30 —	1/2 jaune 1/2 brune.	$\frac{83,90}{57,60}=1,55$	$\frac{\text{Chiffres}}{\text{perdus}}=0,90$	$\frac{109}{58,23}=1,84$	2,44	$\frac{f}{v}=4,5$	110,50	182,60	190,00
1er mai.....	1/4 jaune 3/4 brune.	$\frac{81,58}{36,90}=2,21$	$\frac{85,63}{82,34}=1,04$	$\frac{66,12}{29,38}=2,25$	0	»	»	»	»
6 —	Brune	$\frac{66,04}{17}=3,88$	On ne peut séparer la pulpe de la partie brune pour la respiration. La pulpe est cependant analysée.		»	»	109,00	166,00	166,00

Le numérateur et le dénominateur de chaque fraction représentent le nombre de centimètres cubes d'acide carbonique dégagé et d'oxygène absorbé par un kilogramme de fruit en une heure.

par le sectionnement dont le seul effet est de remplacer une masse presque imperméable aux gaz par deux masses plus petites, mais également imperméables. Aussi, ce sectionnement diminue-t-il à peine le quotient de fermentation de la pulpe de banane. Ainsi, pour la banane pelée de l'expérience 63 qui, le 29 janvier, présentait le quotient 1,32, la portion périphérique dure et blanche ayant été séparée de la portion centrale semi-molle et translucide, les deux portions donnent à la même température de 30°, la première le quotient 1,26, la seconde le quotient 1,31.

Dans le tableau 64, nous avons consigné les respirations fournies à 30° tant par des bananes entières détachées d'un même régime aux divers moments de leur maturation, que par la pulpe et le péricarpe fibreux de ces mêmes bananes. Ce tableau indique nettement que le péricarpe fibreux ne donne pas de quotients respiratoires supérieurs à l'unité. Cela nous permet de compléter les conclusions précédentes en disant que :

Dans les bananes entières, le quotient de fermentation dû à la pulpe est abaissé par la respiration du péricarpe fibreux.

Aussi, dans les expériences du 25 avril, du 30 avril et du 1er mai, le quotient de la pulpe est-il plus élevé que celui du fruit entier.

Le phénomène contraire se produit bien dans l'expérience du 16 avril, la banane entière donnant $\frac{CO^2}{O} = 1,67$ et la pulpe $\frac{CO^2}{O} = 0,99$; mais cette exception s'explique très facilement par l'alternance des quotients supérieurs et des quotients inférieurs à l'unité que nous avons vue exister dans la maturation des bananes à 30°, puisque la respiration de la pulpe n'a été relevée que vingt-quatre heures après celle de la banane entière.

Le tableau 64 nous permet encore de suivre les variations dans la teneur en amidon et en sucre de la pulpe aux divers degrés de la maturation. On voit que tant que les ba-

nanes ne sont pas encore arrivées à la dernière période, celle où l'on constate une série continue de quotients de fermentation (derniers quotients des tableaux 61 et 64), la quantité d'amidon diminue d'une manière progressive et celle des substances sucrées augmente, ainsi que Buignet l'avait déjà signalé (1). Quand la banane se parfume un peu avant le blettissement complet, l'amidon diminue encore, disparaît finalement, mais les matières sucrées augmentent bien moins que précédemment.

Enfin, quand la banane se ramollit, qu'elle présente son maximum de parfum et qu'elle dégage constamment beaucoup plus de gaz carbonique qu'elle n'absorbe d'oxygène, la quantité de matière sucrée diminue de plus en plus ainsi que Corenwinder l'avait indiqué (2).

Pour terminer, remarquons avec Buignet et Corenwinder que, pendant cette maturation, la quantité de sucre non réducteur diminue de plus en plus, tandis que celle du sucre réducteur augmente.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA RESPIRATION DES BANANES.

Tous les fruits acides que nous avons étudiés ont continué à dégager du gaz carbonique, à la lumière solaire. En est-il de même pour les fruits non acides?

Pour cette étude nous avons choisi la banane qui présente un tissu chlorophyllien très abondant.

1° Modifications apportées par les bananes vertes, exposées à la lumière solaire, dans la composition d'une atmosphère contenant du gaz carbonique. — Une banane pesant 75 grammes et dont le quotient respiratoire, à l'obscurité, est $\frac{CO^2}{O} = 1,20$, modifie de la façon suivante l'atmosphère confinée, lorsqu'elle est exposée à la lumière solaire :

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*

		Azote.	Oxygène.	Gaz carbonique.
Composition de l'atmosphère confiné.	Avant l'insolation.	370,70	57,50	31,80
	Après l'insolation.	370,70	38,23	55,05
	Différence....	0	—19,27	+23,75

Quotient des échanges gazeux au soleil....... 1,21

Placés à la lumière solaire, les *bananes vertes continuent donc à émettre du gaz carbonique, dans une atmosphère oxygénée qui en contient déjà.*

2° Modifications apportées par les bananes vertes, exposées à la lumière, dans la composition d'un gaz ne contenant que de l'azote et de l'oxygène, dans les proportions où ces gaz sont dans l'atmosphère.

LUMIÈRE VIVE.

1re *banane verte. Poids* = 78gr,25.

Date.	Température.	CO^2.	O.	$\frac{CO^2}{O}$
4 janvier...........	20°	32,73	43,06	0,76
5 —	25°	58,58	65,09	0,90

2e *banane verte. Poids* = 79gr,25.

Date.	Température.	CO^2.	O.	$\frac{CO^2}{O}$
4 janvier...........	20°	46,56	59,70	0,78
5 —	25°	57,45	63,84	0,90

Conclusion : *Au soleil, les bananes vertes dégagent du gaz carbonique dans une atmosphère formée seulement d'azote et d'oxygène.*

3° Influence de la lumière solaire sur la respiration des Bananes vertes. — Si, dans les deux expériences précédentes, nous n'avons comparé les échanges gazeux qui se produisent entre les bananes et l'atmosphère au soleil et à l'obscurité, c'est parce que toutes les études que nous avons faites jusqu'ici nous ont montré que d'un jour à l'autre la respiration d'une même banane présente des variations considérables.

On ne peut éviter l'influence de ces variations qu'en comparant les échanges gazeux qui se produisent entre l'at-

mosphère et une banane exposée à la lumière, à la respiration que cette banane présenterait au même moment à l'obscurité.

Voici le procédé que nous avons employé.

Une Banane verte, dont la partie supérieure et la partie inférieure présentent absolument les mêmes caractères extérieurs de maturation, est coupée transversalement en deux parties identiques.

L'une est exposée à la lumière, l'autre, dans les mêmes conditions de température, à l'obscurité. On analyse au bout d'un certain temps les deux atmosphères. Le lendemain, l'expérience est renouvelée, mais en exposant à la lumière la moitié qui, la veille, était exposée à l'obscurité et, à l'obscurité, la moitié qui était exposée à la lumière. Par ce procédé, nous introduisons, il est vrai, un facteur nouveau, le sectionnement; mais, comme ce facteur fait sentir son action sur les deux moitiés, il en résulte que son influence est négligeable dans la comparaison des résultats obtenus. Voici ces résultats.

TEMPÉRATURE 25°.

1re *moitié. Poids* 37gr,20.

Date.	Éclairement.	CO^2.	O.	$\frac{CO^2}{O}$.
26 décembre........	Lumière vive.	38,86	44,16	0,88
27 —	Obscurité.	32,56	31,33	1,04

2e *moitié. Poids* 39gr,25.

Date.	Éclairement.	CO^2.	O.	$\frac{CO^2}{O}$.
26 décembre........	Obscurité.	38,61	44,33	0,87
27 —	Lumière vive.	33,10	31,83	1,04

On voit que l'intensité et les quotients respiratoires n'ont subi aucune variation, par le fait de l'exposition à la lumière solaire.

Comme l'action que la lumière exerce sur les échanges gazeux entre les plantes et l'atmosphère, quand ces plantes contiennent de la chlorophylle, est une réduction du gaz

carbonique émis pendant la respiration, les expériences précédentes nous portent à penser que l'assimiliation chlorophyllienne due à la portion verte du péricarpe des bananes est très faible; aussi avons-nous renouvelé l'expérience ci-dessus, en séparant, dans chaque moitié de banane, la pulpe de la portion verte du péricarpe. Voici les résultats obtenus à la température de 25° :

DATE	PREMIÈRE MOITIÉ			
	ÉCLAIREMENT	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
		Pulpe, 18gr,05.		
		c.c.	c.c.	
20 décembre	Lumière vive	26,36	36,62	0,72
21 —	Obscurité	31,08	30,62	1,03
		Péricarpe vert, 13gr,65.		
20 décembre	Lumière vive	10,84	18,69	0,58
21 —	Obscurité	29,53	34,74	0,85
DATE	DEUXIÈME MOITIÉ			
	ÉCLAIREMENT	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
		Pulpe, 16gr,30.		
		c.c.	c.c.	
20 décembre	Obscurité	28,38	38,74	0,73
21 —	Lumière vive	31,70	32,02	0,99
		Péricarpe vert, 12gr,75.		
20 décembre	Obscurité	18,15	30,23	0,60
21 —	Lumière vive	14,12	19,08	0,74

On voit que la lumière n'a aucune influence sur la pulpe.

Si la partie verte insolée dégage du gaz carbonique au soleil comme à l'obscurité, la quantité de ce gaz émis à la lumière est deux fois moindre que la quantité dégagée à

l'obscurité. Il y a donc assimilation, mais ce phénomène est très peu marqué ; voilà pourquoi il est complètement masqué dans la banane entière où, au gaz carbonique dégagé par la partie verte, s'ajoute une quantité beaucoup plus grande du même gaz émis par la pulpe.

Conclusions : *La lumière n'a qu'une influence négligeable sur la respiration des bananes vertes. Celles-ci dégagent du gaz carbonique aussi bien au soleil qu'à l'obscurité.*

RESPIRATION DES MELONS VARIÉTÉ ANANAS.

Un grand nombre de fruits de la famille des Cucurbitacées se comportent comme les bananes. Tels sont les melons de la variété ananas, souvent appelés melons de poche à cause de leur faible volume.

TABLEAU 65.

RESPIRATION A 30° D'UN MELON ANANAS. — POIDS, 247gr,40.

DATE de L'ANALYSE	CARACTÈRES DU FRUIT	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.	
15 septembre.	Vert. Aucun parfum. Consistance ferme.	13,92	46,26	49,22	0,94
16 — ..		21,92	43,91	43,05	1,02
17 — ..		18,60	41,45	41,04	1,01
18 — ..		18,83	46,24	45,78	1,01
19 — ..	Vert un peu jaunâtre. Léger parfum.	20, »	61,55	54,95	1,12
20 — ..		23,07	53,71	48,83	1,10
21 — ..		20,80	47,14	45,77	1,03
22 — ..		18,75	48,62	44,20	1,10
23 — ..		22,25	47,77	37,61	1,21
24 — ..		17,75	53,15	37,96	1,40
25 — ..		21,93	49,87	30,98	1,61
26 — ..		20,75	43,53	19,96	2,18
28 — ..	Vert jaunâtre, parfum intense, consist. moins ferme.	37,66	35,31	18,11	1,95

C'est ce faible volume ainsi que le parfum très intense qu'ils dégagent à la maturité qui nous ont conduits à les étudier, afin d'étendre le schema de la respiration des bananes à tous les fruits amylacés parfumés.

Le tableau 65 contient les chiffres des quantités de gaz carbonique dégagé et des quantités d'oxygène absorbé par un melon ananas placé à 30°.

Ce melon qui n'offrait aucun parfum au début de l'expérience, quand le quotient respiratoire était voisin de l'unité, présente un faible arome, le 19 septembre, au moment où le quotient commence à s'élever, et l'intensité du parfum augmente en même temps que le quotient prend des valeurs plus élevées.

TABLEAU 66.

RESPIRATION A DIVERSES TEMPÉRATURES D'UN MELON ANANAS. POIDS 240gr.

DATE de l'analyse.	CARACTÈRES du fruit.	TEMPÉRATURE.	DURÉE de l'épreuve.	CO^2 DÉGAGÉ. par kilog. et par heure.	O ABSORBÉ. par kilog. et par heure.	$\frac{CO^2}{O}$
		°	h	cc	cc	
10 septembre.	Vert. Consistance ferme. Aucun parfum.	30	15	59,72	58,55	1,02
11 —		30	17,80	51,25	50,74	1,01
12 —		30	17,75	44,60	43,73	1,02
13 —		30	23,33	41,01	41,85	0,98
14 —		30	22	34,53	38,79	0,89
15 —		30	18,17	36,11	38,01	0,95
16 —		30	21,75	37,19	39,11	0,95
18 —	Vert. Un peu jaunâtre. Léger parfum.	30	18,07	48,52	44,51	1,09
19 —		30	19,75	42,51	38,64	1,10
20 —		30	22,83	40,01	36,37	1,10
21 —		30	19,83	39,73	34,85	1,14
22 —		30	18,50	36,88	30,99	1,19
23 —		30	16,25	41,03	29,95	1,37
24 —		30	13,50	39,95	27,95	1,43
26 —		15	41,17	11,23	8,07	1,39
28 —		15	45,75	9,72	4,75	2,02
30 —	Vert jaunâtre. Parfum intense. Consistance moins ferme.	15	42,43	9,64	4,61	2,09

Le tableau 66 où sont inscrits les résultats d'une expérience semblable à la précédente, faite avec un melon identique au premier, non seulement contient une série de quotients comparable à celle du tableau 65, mais encore montre (respiration des 26, 28 et 30 septembre) que, une fois le quotient de fermentation nettement établi, celui-ci se maintient et même s'élève de plus en plus, bien que nous ayons abaissé la température de 30° à 20°.

Dans les fruits que nous étudions, comme dans les bananes et les kakis, les quotients supérieurs à l'unité correspondent à une diminution de la quantité du sucre et à la formation d'alcools et d'acides.

C'est ainsi que deux melons analysés le premier, au moment où le quotient respiratoire devenait supérieur à l'unité, le second quand ce quotient a été constaté pendant un temps assez long et lorsqu'il est devenu très élevé, contiennent, le premier, $60^{gr},98$ de substances sucrées et le second $53^{gr},44$ seulement.

Le sucre qui a disparu a été transformé en alcool, puisque la méthode de M. Duclaux ne permet de déceler la présence de l'alcool que dans le second fruit. Cet alcool, dont la quantité est 10 centimètres cubes, est mélangé d'une petite quantité d'alcool amylique, les deux étant combinés à des acides volatils.

Nous allons indiquer rapidement la marche que nons avons suivie dans la recherche de ces acides et qui est une application de la méthode de M. Duclaux à la caractérisation de deux acides inférieurs mélangés.

Détermination de la nature des acides volatils des melons ananas. — Le liquide acide provenant de la saponification des éthers et dont le volume est 110 centimètres cubes, est soumis à la distillation fractionnée. Les dix prises nécessitent pour leur saturation les quantités de liqueur normale de soude diluée au cinquantième inscrites dans la colonne I du tableau 67. On voit qu'il passe d'autant plus d'acide à la distillation que la prise est faite à un moment plus éloigné du

TABLEAU 67.

DOSAGE DES ACIDES VOLATILS CONTENUS DANS LES MELONS ANANAS.

Numéro de la prise.	I. Sonde nécessaire à la saturation.	II. Pourcentage.	III. Chiffres correspondants de l'acide azotique.	IV. Chiffres correspondants de l'acide formique.	V. Acides passés dans 10, 20, 30, etc. 1ers cc.	VI. Chiffres correspondants de l'acide acétique.	VII. Chiffres correspondants de l'acide formique.	VIII. Rapport moléculaire entre les acides acétique et form.
1	cc 5,60	cc 7,20	7,40	5,90	7,20	7,40	5,90	»
2	5,80	7,50	7,80	6,30	14,70	15,20	12,20	»
3	6 »	7,70	8,20	6,80	22,40	23,40	19	3,40
4	6,35	8,30	8,60	7,40	30,70	32	26,40	3,30
5	6,70	8,70	8,90	8	39,40	40,90	34,40	3,30
6	7,30	9,40	9,60	8,80	48,80	50,50	43,20	3,30
7	7,80	10,10	10,40	9,60	58,90	60,90	52,80	3,10
8	8,80	11,40	11	11,80	70,30	71,90	64,60	3,50
9	10,20	13,10	12,50	15	83,40	84,40	79,60	»
10	12,80	16,60	15,60	20,40	100	100	100	»

début de l'opération; nous avons donc affaire soit à de l'acide formique, soit à de l'acide acétique, soit à un mélange de ces deux acides.

Dans la colonne II, on a évalué la quantité d'acides de chaque prise en centièmes de l'acide qui a passé dans les cent centimètres cubes du liquide recueilli. Si l'on compare les chiffres de cette colonne aux chiffres correspondants fournis par l'acide acétique (III) et par l'acide formique (IV), on remarque qu'ils sont intermédiaires; supérieurs à ceux de l'acide formique, ils sont inférieurs à ceux l'acide acétique et se rapprochent plus des derniers que des premiers. Le liquide distillé possède donc un mélange d'acide formique et d'acide acétique, l'acide acétique dominant.

Cette constatation ressort encore de l'examen des colonnes V, VI et VII, où nous avons inscrit les quantités des acides que nous recherchons (V), les quantités d'acide acétique (VI) et d'acide formique (VII) qui passent dans les 10, 20, 30, etc., premiers centimètres cubes distillés.

Proportions des acides mélangés. — Il nous suffit, d'après les prescriptions de M. Duclaux, de prendre la différence entre les nombres de la colonne V et les nombres supérieurs et inférieurs correspondants des colonnes VI et VII; le rapport de ces différences donne une valeur approximative du rapport des acides dans la liqueur.

En opérant, pour les chiffres correspondant à 30, 40, 50, 60, 70 centimètres cubes, ainsi que le conseille M. Duclaux, nous obtenons :

$$\frac{\text{Acide acétique}}{\text{Acide formique}} = \frac{3^{\text{mol}},3}{1 \text{ molécule}} \quad \text{(colonne VIII).}$$

Notre liquide contient donc 3,3 fois plus d'acide acétique que d'acide formique. Puisqu'il a fallu $77^{cc},35$ de liqueur normale de soude au cinquantième, c'est-à-dire $1^{cc},54$ de liqueur normale pour saturer les 100 centimètres cubes de liquide distillé, on peut en représentant par x le nombre de molécules de l'acide acétique qui existe dans la liqueur et par

y celui de l'acide formique, écrire les relations suivantes :

$$\frac{x}{y} = 3,3 \quad \text{et} \quad x + y = 0,00154$$

d'où on tire

$$y = \frac{0,00154}{4,3} = 0,000358 \quad \text{et} \quad y = 0,00154 - 0,000358 = 0,001182$$

Or la table I de M. Duclaux (1) montre qu'il passe dans les 100 centimètres cubes distillés 59 p. 100 de l'acide formique et 80 p. 100 de l'acide acétique contenus dans les 110 centimètres cubes.

Il y avait donc dans le liquide étudié :

Acide formique....... $\dfrac{0,000358 \times 100}{59} = 0^{mol},000601$

Acide acétique....... $\dfrac{0,001182 \times 100}{80} = 0^{mol},00147$

Puisque d'un côté les poids moléculaires des acides formique et acétique sont 46 et 60, et que de l'autre nous avons opéré sur 270 grammes de melon ananas, on voit que dans 1 kilogramme de melon ananas il y aura :

Acide formique....... $\dfrac{0,000601 \times 46}{0,270} = 0^{gr},103$

Acide acétique........ $\dfrac{0,00147 \times 60}{0,270} = 0^{gr},327$

Inutile d'ajouter que nous avons fait avec le liquide, acidulé par l'acide tartrique, puis distillé de nouveau, toutes les réactions caractéristiques de l'acide acétique et de l'acide formique.

Voici les résultats de l'analyse complète des deux melons que nous venons d'étudier :

(1) Duclaux, *Dosage des acides volatils* (Annales de l'Institut Pasteur, t. IX, p. 267 ; 1895).

1er *melon (au commencement de la fermentation).*

CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$	Matière sucrée évaluée en glucose (1).	Alcool.	Acide acétique.	Acide formique.
49cc,38	42cc,93	1,15	60gr,98	0	0	0
2e melon (après un certain temps de fermentation).						
72cc,80	23cc,64	3,08	53,44	10cc	0gr,227	0gr,103

Nous résumerons l'étude que nous venons de faire des bananes et des melons, en disant que :

A. *Les fruits charnus sucrés contenant de l'amidon se comportent comme les fruits contenant du tannin. Ils n'en diffèrent que par les trois points suivants :*

1° *La formation de la pectine et l'asphyxie qui en résulte se produisent avant que l'amidon ait complètement disparu, tandis que chez les fruits à tannin, elle ne se manifeste qu'après la disparition complète du tannin ;*

2° *L'augmentation de l'intensité respiratoire qui se produit au moment de la production de la pectine est beaucoup plus forte que chez les fruits à tannin ; aussi doit-elle contribuer à déterminer le phénomène de la fermentation ;*

3° *L'amidon se transforme en substance sucrée, tandis que le tannin subit une oxydation complète.*

B. *L'assimilation chlorophyllienne est très faible chez les fruits charnus sucrés contenant de l'amidon. Elle est complètement masquée par la respiration du tissu incolore.*

RECHERCHES SUR LE GENRE DE FERMENTATION QUI DONNE NAISSANCE AU PARFUM DES FRUITS.

De ce fait que, dans les kakis, les bananes, les melons, on constate la formation d'alcool éthylique, lorsque le quotient respiratoire devient supérieur à l'unité, nous avons conclu à l'existence d'une fermentation.

Cette fermentation est déterminée par les cellules mêmes

(1) Cette quantité est calculée en grammes par kilogramme de substance, comme pour toutes les analyses que nous avons faites.

du fruit, car les ensemencements en liquides sucrés et dans divers milieux nutritifs ne nous ont pas révélé la présence de cellules de levure ou de microbes.

La présence, à côté de l'alcool éthylique, de faibles quantités d'alcool amylique et des acides formique, acétique, butyrique et valérianique, nous oblige à nous poser la question suivante :

Est-ce bien à une fermentation alcoolique semblable à la fermentation déterminée par les levures que nous avons affaire? Ne serait-ce pas plutôt une fermentation semblable à celles que M. Perdrix (1) et M. Grimbert (2) ont étudiées?

M. Perdrix, en effet, a observé :

D'une part, que le *bacille amylozyme* est un microbe anaérobien qui transforme les substances amylacées en matière sucrée réductrice et engendre en même temps une certaine quantité d'alcool éthylique et de faibles quantités d'alcool amylique, ainsi que des acides acétique et butyrique.

D'autre part, que la fermentation alcoolique du sucre de fécule par la levure ne donne pas d'alcool amylique et que « la présence de cet alcool dans les alcools de pomme de terre industriels est due au bacille amylozyme et à d'autres bacilles semblables existant dans l'eau. Ces bacilles trouvent dans la fécule qui n'est jamais complètement saccharifiée un milieu favorable à leur vie et peuvent se développer grâce à l'acide carbonique dégagé par la levure (3) ».

Mais, dans les fermentations produites par le bacille amylozyme et ses congénères, il y a dégagement non seulement de gaz carbonique, mais encore d'hydrogène. C'est donc la présence ou l'absence d'hydrogène dans les gaz dégagés par les fruits parfumés qui nous permettra de savoir à quel genre de fermentation alcoolique nous avons affaire.

(1) Perdrix, *Sur les fermentations produites par un microbe anaérobie de l'eau* (Thèse de doctorat ès sciences, Paris, 1891, et Annales de l'Institut Pasteur, 1891).

(2) Léon Grimbert, *Fermentation anaérobie produite par le Bacillus orthobutylicus. Ses variations sous certaines influences biologiques* (Thèse de doctorat ès sciences, Paris, 1893).

(3) Perdrix, *Loc. cit.*, p. 30.

En raison de la faible proportion d'hydrogène qui, dans le cas d'un dégagement par les fruits, serait contenue dans l'atmosphère confinée, nous avons été obligé de renoncer à la méthode au chromate de plomb employée par M. Perdrix et par M. Grimbert et de recourir à un procédé de dosage plus sensible.

Ce procédé consiste à faire passer un volume déterminé de gaz privé d'eau et d'acide carbonique sur une colonne d'oxyde de cuivre chauffé au rouge et à recueillir l'eau formée dans un tube à ponce sulfurique taré. (Voir pour les détails de l'appareil la planche II et la légende qui l'accompagne.)

En opérant ainsi, sur une grande quantité de gaz, nous n'avons recueilli dans le tube à ponce sulfurique et dans le tube à potasse qui l'accompagne que des traces d'eau et de gaz carbonique provenant de la combustion d'une minime quantité des éthers qui donnent le parfum au fruit, et qui a échappé au lavage à la potasse et à l'acide sulfurique.

Les fruits, au moment de la formation du parfum, ne dégagent donc pas d'hydrogène libre ; par suite, la fermentation observée chez ces fruits n'est pas semblable à la fermentation produite par le bacille amylozyme, mais elle se rapproche plutôt de la fermentation produite par les levures.

On pourrait peut-être, pour expliquer la formation des acides formique et acétique qui constituent la presque totalité des acides volatils rencontrés dans les fruits parfumés, invoquer une oxydation incomplète de l'alcool éthylique pour l'acide acétique et des sucres pour l'acide formique.

On sait, en effet, que l'alcool traité par le permanganate de potasse et l'acide sulfurique engendre de l'acide acétique. Cet acide prend même naissance, comme M. Duclaux (1) l'a montré, aux dépens de l'alcool exposé en solution aqueuse neutre ou alcaline au soleil en présence de l'air.

De plus, nous ne trouvons pas dans nos fruits d'alcool

(1) Duclaux, *Action de la lumière solaire sur les substances hydrocarbonées* (Annales de l'Institut agronomique, t. X, p. 281, 1887).

méthylique qui, par oxydation, pourrait fournir l'acide formique, tandis que, d'un côté, M. Perdrix (1) a démontré que beaucoup de corps organiques et en particulier les sucres donnent, par oxydation avec le permanganate et l'acide sulfurique, de l'acide formique et de l'acide carbonique; de l'autre M. Duclaux (2), en exposant à la lumière solaire du glucose en solution alcaline, a observé la formation d'acide formique, d'acide carbonique et d'alcool.

Il est permis de supposer que l'alcool et la matière sucrée contenus dans les cellules de nos fruits, en présence d'une quantité insuffisante d'oxygène, subissent les mêmes modifications que sous l'influence de la lumière ou du permanganate de potasse et engendrent les acides formique et acétique.

RECHERCHES SUR LA MATURATION DES FRUITS CHARNUS SUCRÉS CONTENANT DES ACIDES, DE L'AMIDON ET DU TANNIN.

Dès le début de nos recherches sur les fruits charnus sucrés, nous avons fait ressortir que presque tous ces fruits contiennent des acides, de l'amidon et du tannin en proportions variables.

Maintenant que nous connaissons les caractères de la maturation des quelques rares fruits chez lesquels un de ces éléments est prédominant et imprime des caractères spéciaux aux phénomènes de la respiration, nous pouvons aborder l'étude de la maturation du groupe compact des autres fruits. En effet, les phénomènes que nous observons, si complexes qu'ils soient, seront toujours la résultante de phénomènes connus, puisqu'ils sont dus à la disparition des acides, de l'amidon et du tannin. En employant des facteurs tels que les variations de la température, le sectionnement, etc., nous pourrons faire la part de ce qui revient

(1) L. Perdrix, *Contribution à l'étude de l'oxydation des composés organiques par le permanganate de potasse* (Annales de la Faculté des sciences de Marseille, 1897).

(2) Duclaux, *Loc. cit.*, p. 277.

dans le phénomène général, à chacun des phénomènes particuliers que nous avons étudiés.

Comme la façon de procéder est absolument la même avec tous les fruits contenant les trois éléments, nous nous bornerons à étudier la maturation de deux d'entre eux : les sorbes (*Sorbus domestica*) et les nèfles (*Mespilus germanica*).

ÉTUDE DE LA MATURATION DES SORBES (SORBUS DOMESTICA).

1° *Respiration des sorbes séparées de l'arbre avant la maturité.* — Les deux éléments dominants dans les sorbes, l'acide malique et le tannin, existent en grande quantité dans ces fruits, tant que ceux-ci sont verts ou vert rougeâtre et que leur consistance est dure.

Trois sorbes présentant ces caractères, et, par suite, assez éloignées de la maturité, ont présenté à 30° une respiration particulière dans laquelle on peut distinguer trois périodes :

Première période. — Elle est caractérisée, au début, par des quotients respiratoires supérieurs à l'unité et voisins de ceux que nous ont fournis les pommes acides. La valeur de ces quotients diminue peu à peu et devient inférieure à l'unité, à la fin.

Pendant toute la durée de cette période, l'intensité respiratoire reste stationnaire ou plutôt diminue légèrement. Tous ces caractères sont identiques à ceux que nous avons observés dans la respiration des fruits acides, pendant le temps où ces acides disparaissent. La sorbe conserve durant cette période sa couleur vive et sa dureté.

Deuxième période. — Les quotients respiratoires primitivement inférieurs à l'unité augmentent peu à peu, deviennent supérieurs à cette valeur et bientôt ils sont plus élevés que les quotients observés au commencement de la première période. L'intensité respiratoire augmente d'abord en même temps que les quotients, tant que ceux-ci ne sont que légèrement supérieurs à l'unité, puis elle diminue rapide-

ment lorsqu'ils deviennent très élevés, pour n'avoir plus qu'une valeur deux fois plus petite que celle qu'elle avait au début de la première période.

Tous ces caractères sont identiques à ceux que nous avons constatés dans la respiration des fruits à tannin, aux températures élevées. Il est donc probable que le quotient de la fin de la seconde période et celui du début de la première, tout en se rapprochant par leurs valeurs supérieures à l'unité, sont d'origine bien différente : le premier est un quotient de fermentation et le second un quotient d'acides.

Pendant cette période, le fruit subit des modifications considérables. Il jaunit légèrement et prend un aspect mat caractéristique ; la dureté diminue et le fruit exhale un parfum particulier rappelant l'acétate d'éthyle.

Troisième période. — Le quotient respiratoire tombe brusquement d'une valeur très élevée au-dessus de l'unité à une valeur très abaissée au-dessous de ce chiffre ; l'intensité respiratoire décroît dans les mêmes proportions, si bien qu'elle n'est guère que le vingtième de ce qu'elle était au début de la première période.

TABLEAU 68.

RESPIRATION A 30° D'UNE SORBE CUEILLIE AVANT LA MATURITÉ. POIDS 5gr,18.

DATE de L'ANALYSE.	CARACTÈRES du FRUIT.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	PAR KIL. ET PAR HEURE. CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$.
		h	cc	cc	
15 septembre.	Vert et rouge vif. Consistance dure.	22,88	35,97	31,83	1,13
17 —		38	32,57	28,10	1,16
19 —		41,17	28,15	28,15	1,00
21 —		38,25	22,23	23,16	0,96
23 —	Jaune. Aspect mat. Consistance moins ferme.	40,08	19,84	20,04	0,99
26 —		65,83	30,45	16,93	1,80
29 —	Blet.	72,08	1,02	1,63	0,63

TABLEAUX 69 et 70.

RESPIRATION A 30° DE DEUX SORBES CUEILLIES AVANT LA MATURITÉ.

Première sorbe.................... Poids 14gr,20

DATE de L'ANALYSE.	CARACTÈRES du FRUIT.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.	
14 septembre.	Vertjaunâtre et rouge vif. Consistance dure.	26,75	21,72	21,51	1,01
16 — ..		36,33	28,86	23,85	1,21
18 — ..		39,58	25,41	23,31	1,09
21 — ..		59,80	25,04	24,07	1,04
23 — ..		39,50	18,92	19,31	0,98
25 — ..	Jaune. Aspect mat. Consistance moins ferme.	41,91	29,59	27,85	1,06
27 — ..		42,00	27,87	20,95	1,33
29 — ..	Brunit.	37,33	18,64	12,27	1,52
6 octobre...	Blet.	168,00	0,54	2,19	0,25

Analyse de la sorbe :

Acide malique 3gr,984. — Sucres réducteurs 89gr,59. — Substance sucrée totale 93gr,13.

Pas d'alcool. — Traces d'acides acétique et formique.

Deuxième sorbe.................... Poids 14gr,41

DATE de L'ANALYSE.	CARACTÈRES du FRUIT.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	CO^2 DÉGAGÉ.	O ABSORBÉ.	$\frac{CO^2}{O}$
		h.	c.c.	c.c.	
14 septembre.	Jaune vif. Consistance dure.	29,83	33,04	32,78	1,01
16 — ..		33,58	43,12	34,77	1,24
18 — ..		39,83	43,63	37,62	1,16
19 — ..		23,08	38,89	37,01	1,03
21 — ..		37,43	33,25	33,25	1,00
23 — ..	Jaune. Aspect mat. Consistance moins ferme.	39,25	38,38	37,63	1,02
25 — ..		41,33	37.40	35,62	1,05
27 — ..	Brunit.	41,83	42,46	32,17	1,32
29 — ..		36,75	27,92	18,49	1,51
6 octobre...	Blet.	168,33	0,50	1,80	0,27

Il semble donc que les cellules privées partiellement d'oxygène libre, ne peuvent pas vivre en faisant fermenter leurs matières sucrées (quotients élevés de la seconde période) et meurent; la sorbe fixe alors par oxydation incomplète de l'oxygène dans ses tissus morts.

Pendant cette période, le fruit prend une teinte brune uniforme; sa consistance devient semi-molle, des gouttelettes limpides d'eau perlent à sa surface et la pulpe, qui jusqu'alors était blanche, prend une couleur rouille. Le fruit en un mot blettit.

Dans aucun des nombreux fruits étudiés jusqu'ici, nous n'avons rencontré l'équivalent de cette troisième période; elle est très importante et nous aurons plus tard à discuter sa signification.

Il résulte des trois expériences précédentes que :

Dans le cours de la maturation complémentaire aux températures élevées, les sorbes vertes respirent d'abord comme les fruits acides, puis comme les fruits à tannin et enfin meurent aussitôt après avoir développé le quotient de fermentation, tandis que les fruits à tannin et à amidon continuent à vivre un certain temps avec ce quotient.

Nous savons qu'un abaissement de température suffisant empêche la respiration caractéristique des acides de se manifester et la destruction des acides de se continuer. Il nous était donc facile de vérifier si la respiration observée pendant la première période avec les Sorbes vertes était due à la combustion des acides.

Pour cela, un quatrième fruit, présentant les mêmes caractères que les précédents, est maintenu à 0°, pendant toute la durée de la première période de la respiration des trois autres sorbes. Il a fourni le rapport $\frac{CO^2}{O} = 0{,}71$, qui, comme celui des pommes acides placées dans les mêmes conditions, est inférieur à l'unité.

Mis ensuite à 20°, il a respiré de la même façon que les premières sorbes pendant la seconde période : en effet, tout

TABLEAU 71.

RESPIRATION A 0° PUIS A 20° D'UNE SORBE CUEILLIE AVANT LA MATURITÉ ET PESANT 13gr,71.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Température.	Par kilog. et par heure. CO_2 dégagé.	Par kilog. et par heure. O. absorbé.	$\frac{CO_2}{O}$.
22 septembre........	Jaune vif. Consistance dure.	h 217,43	° 0	cc 2,97	cc 4,18	0,71
26 —	Jaune. Aspect mat. Consistance moins ferme.	90,50	20	16,94	10,86	1,56
28 —		42 »	20	28,80	15 »	1,92
30 —	Couleur brune.	42,75	20	17,25	6,63	2,60
3 octobre...........		59 »	20	5,50	2,67	2,06
6 —	Blet.	74 »	20	1,17	2,10	0,56

Analyse de la sorbe.

Acide malique 9gr,60. Sucre réducteur 87gr,04. Totalité des substances sucrées 100gr,30. Pas d'alcool. Traces d'acides volatils.

TABLEAU 72.

RESPIRATION A 30° PUIS A 0° D'UNE SORBE CUEILLIE AVANT LA MATURITÉ. POIDS 6gr,50.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Température.	CO_2 dégagé.	O. absorbé.	$\frac{CO_2}{O}$.
15 septembre........	Jaune vif et rouge. Consistance dure.	h 22,75	° 30	cc 53,54	cc 52,49	1,02
17 —		38,25	30	43,47	41,57	1,07
19 —		41,92	30	18,14	18,51	0,98
21 —		38,17	30	23,56	24,54	0,96
23 —		39,94	30	24,67	28,04	0,88
26 —		66,33	18	18,91	21,25	0,89
2 octobre...........	Jaune. Aspect mat. Consistance moins ferme.	85,66	20	14,65	18,55	0,79
9 —		173	0	3,56	4,20	0,85
15 —	Couleur brune.	129,25	0	5,03	4,23	1,19
28 —	Blet.	313,66	0	0,28	0,42	0,30

d'abord le quotient et l'intensité respiratoires ont augmenté puis, tandis que le quotient a continué à s'élever pour devenir supérieur à 2, l'intensité respiratoire a beaucoup diminué. Cela nous montre que les sorbes respirent pendant la seconde période de la même façon à 30° et à 20°. Or, il en est de même des *kakis Zendji; il nous est donc permis d'assimiler complètement les sorbes, pendant leur deuxième période, aux fruits à tannin.*

Cette seconde période est suivie, pour cette sorbe comme pour les précédentes, d'une troisième ou période de mort des cellules laquelle n'offre rien de particulier. Les analyses inscrites aux tableaux 69 et 71, en nous indiquant la présence d'une quantité d'acide malique beaucoup plus considérable (9^{gr},596) dans la sorbe maintenue à 0° pendant la première période que dans celles qui ont présenté les quotients d'acides (3^{gr},984), nous permettent d'affirmer que la respiration des sorbes est non seulement identique pendant la première période à celle des fruits acides, mais encore qu'elle est due, comme cette dernière, à l'oxydation des acides.

Quant à l'assimilation complète de la respiration des sorbes pendant la seconde période à celle des fruits à tannin, elle ressort encore de l'examen du tableau 72 où nous voyons une sorbe qui, après avoir oxydé à 30° ses acides, présente à 0° une respiration semblable à celle de la deuxième période des sorbes à 20° et à 30°. La seule différence entre ces deux respirations réside dans la faiblesse relative du quotient de fermentation à 0°. En un mot, la respiration observée ainsi à 0°, est à la respiration correspondante observée à 20° et à 30°, ce que la respiration du fruit de *Diospyros costata* (tableau 56, II), placé à 15°, est à celle du même fruit mis à 30° ou à celle des *kakis Zendji* exposés à 20° et à 30°.

2° *Respiration des sorbes séparées de l'arbre lors de la maturité.* — Si les sorbes séparées de l'arbre en automne ont une couleur bien moins vive que les sorbes cueillies en

été, si leur consistance est moins ferme et si elles offrent une teinte jaune spéciale que les premières n'ont pas, elles leur ressemblent par contre complètement, quand celles-ci entrent dans la seconde période de le maturation complémentaire.

L'analyse ne révèle dans ces sorbes d'automne qu'une quantité d'acides très faible et voisine de celle que présentent les sorbes cueillies en été, à la fin de leur maturation complémentaire à 30°.

Nous ne devons donc pas nous étonner de ne pas constater dans la respiration de la sorbe du tableau 73, cueillie le 14 novembre et placée à 30°, la première période, celle des quotients d'acides.

TABLEAU 73.

RESPIRATION A 33° D'UNE SORBE DÉTACHÉE DE L'ARBRE AU MOMENT DE LA MATURITÉ. POIDS 11gr,55.

DATE de l'analyse.	CARACTÈRES du fruit.	DURÉE de l'expérience.	PAR KILOGR. ET PAR HEURE. CO^2 dégagé.	PAR KILOGR. ET PAR HEURE. O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
		h.	cc.	cc.	
10 novembre.	Jaune. Aspect mat. Consistance ferme.	24	49,50	55,00	0,90
11 —		20,08	76,99	57,46	1,34
12 —		18,83	99,03	49,52	2,00
13 —	Commence à brunir. Consist. moins ferme.	25,58	54,09	22,69	2,44
15 —	Gouttelettes d'eau à la surface.	48	14,50	10,21	1,42
18 —	Blet. Consistance semi-molle.	101	0,73	2,08	0,35

Analyse de la sorbe.

	gr.
Acide malique	3,891
Acide acétique	0,60
Acide formique	0,13

TABLEAU 74.

RESPIRATION A 16° D'UNE SORBE DÉTACHÉE DE L'ARBRE AU MOMENT DE LA MATURITÉ. POIDS 9gr,50.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog et par heure. CO2 dégagé.	O. absorbé.	$\frac{CO^3}{O}$.
		h	cc	cc	
10 novembre	Jaune. Aspect mat. Consistance ferme. Aucun parfum.	21,07	23,64	27,47	0,87
11 —		19,25	35,66	24,26	1,47
12 —		25,75	24,47	12,21	1,98
14 —	Commence à brunir. Consistance moins ferme. Parfum agréable.	42,25	13,08	6,78	1,93
16 —		54	8,34	4,01	2,08
19 —		61,18	1,70	2,24	0,76
23 —	Blet. Parfum agréable.	97	0,66	2,00	0,33

TABLEAU 75.

RESPIRATION A 0° D'UNE SORBE DÉTACHÉE DE L'ARBRE AU MOMENT DE LA MATURITÉ. POIDS 11gr,50.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Température.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure. CO2 dégagé.	O. absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
		°	h	cc	cc	
10 novembre	Jaune. Aspect mat. Consistance ferme. Aucun parfum.	16	16,43	17,10	22,21	0,77
15 —		0	118	4,12	3,74	1,40
21 —		0	143,50	3,60	1,88	1,96
30 —	Brunit. Parfum léger. Consistance moins ferme.	0	214,75	1,36	1,07	1,27
9 décembre		0	222,75	0,45	0,56	0,80
30 —	Blet.	0	495,50	0,09	0,27	0,34
4 janvier		12	124	0,12	0,61	0,20

Quelle que soit la température à laquelle on place ces fruits (30°, 20°, 0°), leur respiration est toujours, dès le début, celle de la seconde période des sorbes cueillies en été, et elle se termine par la troisième période (tableaux 73, 74, 75).

Ce qui distingue la période de fermentation des sorbes mûres cueillies en automne de celle des Sorbes d'été, c'est sa plus grande longueur, la quantité beaucoup plus forte de gaz carbonique émis avec le quotient de fermentation, l'élévation beaucoup plus considérable de ce quotient et, enfin la persistance à 0° de ce quotient avec une valeur presque aussi élevée qu'à 20° et qu'à 33°.

Ces différences correspondent à d'autres différences dans la teneur des sorbes en alcool et en acides volatils.

En effet, tandis que les sorbes qui, après avoir été séparées prématurément de l'arbre, ont subi la maturation complémentaire ne présentent pas trace d'alcool et ne contiennent qu'une très faible quantité d'acide formique et d'acide acétique, les sorbes cueillies en automne, tout en ne renfermant qu'une faible quantité d'alcool (0^{cm},37 par kilog.), présentent une notable quantité d'acides volatils (0^{gr},60 d'acide acétique et 0^{gr},13 d'acide formique par kilog.).

Les nombreux fruits que porte un même Sorbier sont loin d'être mûrs à la même époque. On en trouve qui ont atteint leur complète maturité avant les premières gelées d'automne, alors que d'autres ne sont blets que pendant cette période de froid.

Les uns et les autres ont bien perdu leur astringence, mais les derniers sont toujours plus acides au goût que les premiers.

Ce que nous venons de voir sur les relations directes qui existent entre les basses températures et la non-apparition de la première période de respiration ou période de combustion des acides, nous permet d'expliquer facilement ce fait.

Les fruits tardifs possèdent encore une grande quantité

d'acide malique et de tannin au moment des gelées. Or, l'abaissement constant de la température s'oppose bien à la combustion de l'acide, mais il est sans action sur celle du tannin. Celui-ci disparaît, la transformation de la pectose en pectine survient, provoque l'apparition de la période de fermentation, le blettissement et enfin la mort des cellules. Les acides protégés contre l'oxydation par la diminution, puis par la disparition des phénomènes vitaux, restent dans le fruit blet et lui communiquent la saveur aigrelette qu'il possède.

3° *Influence du sectionnement sur le blettissement des sorbes.* — Ayant en vue spécialement l'étude de l'influence du

TABLEAU 76.

RESPIRATION A 16° D'UNE SORBE MURE NON BLETTE AVANT ET APRÈS LE SECTIONNEMENT. POIDS, 6gr,15

DATE DE L'ANALYSE	CARACTÈRES DU FRUIT	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ	O ABSORBÉ	$\frac{CO^2}{O}$
	Fruit entier.				
		h.	cc.	cc.	
12 novembre.	Jaune et rouge, couleur vive, consistance ferme, aucun parfum.	14,93	18,45	22,24	0,83
	Fruit sectionné en deux.				
12 — ...	Surface du fruit aspect mat; section blanche.	13,42	30,10	29,80	1,01
13 — ...		18,92	28,04	21,57	1,30
14 — ...	Section acquiert une légère teinte rouille. Parfum léger.	24,08	25,68	12,77	2,01
16 — ...		42, »	12,17	7,51	1,62
18 — ...	Surface du fruit et section brunes; quelques gouttelettes d'eau sur la section.	54,25	7,81	4,88	1,60
21 — ...		71, »	2,43	3,98	0,61
24 — ...	Fruit blet.	70, »	0,33	2,20	0,15

sectionnement sur le blettissement des sorbes, nous avons choisi des fruits cueillis en novembre, alors que l'acide malique a presque complètement disparu.

Nos études sur les pommes nous ont, en effet, montré que le sectionnement détermine chez les fruits acides une augmentation considérable du quotient respiratoire, augmentation qui, dans le cas où nous nous plaçons, serait une cause de perturbations.

Deux sorbes dépourvues d'acides, jaunâtres, d'aspect mat, sont sectionnées, l'une quand le quotient de fermentation n'a pas encore apparu, l'autre quand ce quotient est très élevé.

L'examen des résultats obtenus avec la première (tableau 76) montre que le sectionnement n'a influé en aucune façon sur l'évolution de la sorbe.

TABLEAU 77.

RESPIRATION A 16° D'UNE SORBE EN VOIE DE BLETTISSEMENT AVANT ET APRÈS LE SECTIONNEMENT. POIDS 9gr,35.

Fruit entier.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure. CO² dégagé.	O. absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
		h	cc	cc	
10 novembre.	Jaune. Aspect mat. Parfum léger.	21,25	29,44	19,24	1,53
11 —		19,58	24,44	11,10	2,31

Fruit sectionné en deux parties.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	CO² dégagé.	O. absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
11 —	Surf. du fruit commence à brunir. Sect. coul. rouille.	5,58	35,14	20,19	1,74
12 —		25,17	13,70	6,56	2,09
14 —	Section brunit. Parfum augmente.	48,25	7,71	3,99	1,93
16 —	Gouttelettes d'eau sur la section.	48,08	2,26	2,69	0,84
18 —		47	0,61	2,55	0,24

En effet, les respirations successives fournies par le fruit sectionné sont absolument les mêmes que celles fournies par les trois sorbes entières précédentes.

Les modifications apportées à la respiration de la seconde sorbe par le sectionnement sont plus accusées (tableau 77). Le quotient respiratoire qui était 2,31 avant l'opération, devient 1,74 aussitôt après, tandis que l'intensité respiratoire augmente. Nous avons déjà constaté cette diminution du quotient respiratoire avec les kakis et melons; il est dû à la même cause, accès plus facile d'oxygène.

Mais cette perturbation n'est que de peu de durée et le qnotient reprend vite sa marche ascendante caractéristique de la période de fermentation, pour tomber ensuite rapidement au-dessous de l'unité, quand on arrive à la troisième période identique à celle des sorbes entières.

Conclusions. — Le sectionnement n'exerce qu'une influence très faible sur la respiration des sorbes au moment de leur blettissement.

ÉTUDE DE LA MATURATION DES NÈFLES (MESPILUS GERMANICA).

Les sorbes que nous venons d'étudier présentent des graines si petites qu'elles modifient à peine la respiration du péricarpe.

Il n'en est pas de même du second exemple des fruits contenant des acides, du tannin et de l'amidon, c'est-à-dire des nèfles; car chez celles-ci les noyaux constituent le 10e, ou le 15e du poids total du fruit.

L'examen du tableau 78 relatif à la respiration d'une nèfle cueillie en été comme les sorbes des trois premiers tableaux, quand elle est dure et très éloignée de la maturité, indique trois périodes identiques aux périodes observées pour les sorbes.

Mais dans les deux premières périodes, les quotients respiratoires ont une valeur plus faible; ce fait est dû à la respiration des graines.

TABLEAU 78.

RESPIRATION A 30° PUIS A 20° D'UNE NÈFLE CUEILLIE AVANT LA MATURITÉ. POIDS, 29gr,70

DATE de L'ANALYSE	CARACTÈRES du FRUIT	TEMPÉRATURE	DURÉE de L'EXPÉRIENCE	CO^2 DÉGAGÉ (Par kilog. et par heure.)	O ABSORBÉ (Par kilog. et par heure.)	$\frac{CO^2}{O}$
			h.	cc.	cc.	
15 septemb..	Jaune. Consistance dure. Aucun parfum. Saveur astringente.	30°	21,25	45,52	48,42	0,94
16 —		30°	22,75	48,30	44,32	1,09
17 —		30°	20,42	44,22	40,57	1,09
18 —		30°	21, »	34,96	34,27	1,02
19 —		30°	20,84	31,57	31,57	1, »
21 —		30°	20,88	29,44	29,44	1, »
23 —		30°	38,25	28,95	31,13	0,93
25 —		30°	42,40	24,13	25,67	0,94
4 octobre...	Jaune brun. Consistance moins ferme. Aucun parfum.	20°	67,66	6, »	8,96	0,67
9 —		20°	110, »	5,98	8,55	0,70
14 —	Brun. Léger parfum.	20°	110,30	7,51	9,33	0,80
16 —		20°	62, »	20,32	15,40	1,32
19 —		20°	63, »	17,67	13,38	1,32
21 —	Blet.	20°	48,75	5,83	6,01	0,97

De même, l'examen des tableaux 79, 80 et 81, où nous avons inscrit les respirations successives de trois nèfles cueillies en automne, au moment où l'acide a presque complètement disparu et où la consistance est devenue moins ferme, montre qu'il existe, comme pour les sorbes cueillies dans les mêmes conditions, deux périodes seulement et qu'il y a parallélisme complet dans la respiration de ces deux espèces de fruits. Ici comme précédemment, la seule différence consiste dans l'abaissement des quotients. D'ailleurs, l'expérience relatée aussitôt après les tableaux 79, 80, et 81 prouve l'influence de la respiration des graines sur la respiration du fruit entier.

TABLEAU 79.

RESPIRATION A 33° D'UNE NÈFLE CUEILLIE AU MOMENT DE LA MATURITÉ.
POIDS 30gr,63.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure CO^2 dégagé.	Par kilog. et par heure O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
23 octobre...	Jaune vif. Consistance ferme. Saveur astringente. Tannin.	h 25,17	cc 47,24	cc 47,71	0,99
24 —		26,25	41,57	43,76	0,95
25 —		23,08	43,39	43,70	0,97
26 —		23,17	42,31	33,17	0,98
27 —	Une tache brune. Consistance moins ferme.	22,83	43,83	41,75	1,05
28 —		25,58	13,14	13,27	0,99
29 —		22,83	4,55	7,59	0,60
1er novem...	Blet. Léger parfum. Saveur sucrée. Pas de tannin.	70,33	2,74	4,42	0,62

TABLEAU 80.

RESPIRATION A 20° D'UNE NÈFLE CUEILLIE AU MOMENT DE LA MATURITÉ.
POIDS 22gr,40.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure CO^2 dégagé.	Par kilog. et par heure O. absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
24 octobre...	Jaune vif. Consistance ferme. Saveur astringente. Tannin.	h 56,33	cc 19,59	cc 22,78	0,86
26 —		51,25	19,09	19,88	0,96
28 —		46,43	16,12	17,52	0,92
30 —		46,25	15,15	16,48	0,92
1er novem...	Une tache brune. Consistance moins ferme.	46,83	20,49	20,91	0,98
3 —		39,83	25,05	21,78	1,15
4 —		29,75	9,15	8,10	1,13
7 —	Blet. Léger parfum. Saveur sucrée. Pas de tannin.	71,75	2,50	3,67	0,68

TABLEAU 81.

RESPIRATION A 0° D'UNE NÈFLE CUEILLIE A LA MATURITÉ. POIDS 20gr,05.

Date de l'analyse.	Caractères du fruit.	Durée de l'expérience.	Par kilog. et par heure CO^2 dégagé.	O absorbé.	$\frac{CO^2}{O}$.
		h	cc	cc	
31 octobre..	Jaune brun. 1 petite tache brune et molle.	183,75	11,48	16,89	0,68
10 novem...	Brun.	242	23,32	16,07	1,46
15 — ...	Brun.	118	16,39	9,76	1,68
21 — ...	Blet.	143,42	4,73	3,56	1,33
3 décem...	Blet.	286,50	0,86	1,40	0,62

Une nèfle dont une portion du péricarpe seulement est atteinte par le blettissement et qui présente à 20° le quotient de fermentation 1,14, est divisée en trois parties : noyaux, péricarpe brun et blet, péricarpe ferme et blanc.

Les respirations fournies par ces trois parties, à 20°, sont les suivantes :

	CO^2.	O.	$\frac{CO^2}{O}$.
Nèfle entière..........	24,28	21,30	1,14
Noyaux................	6,95	10,86	0,64
Partie blette...........	3,83	6,40	0,60
Partie blanche.........	30,02	20,90	1,43

On voit que le quotient respiratoire des noyaux est très inférieur à l'unité et l'on comprend que leur respiration abaisse considérablement la valeur 1,43 du quotient de fermentation de la partie vivante et blanche du péricarpe.

Quant à la partie blette, son quotient et son intensité respiratoire sont très faibles, ce qui se comprend, puisqu'elle est formée de cellules pour la plupart mortes.

Conclusions. — Les nèfles se comportent absolument comme les sorbes, mais les quotients d'acides et de fermentation sont diminués par la respiration des graines.

Cette étude a été répétée sur un grand nombre d'autres fruits : prunes, pêches, poires, prunelles (*Prunus spinosus*),

ananas, etc., etc. Toujours nous avons obtenu les mêmes résultats. Nous croyons donc inutile d'insister plus longuement et nous terminerons cette étude en disant :

1° *Les fruits charnus sucrés contenant des acides, du tannin et de l'amidon, étant séparés de l'arbre longtemps avant la maturation et placés à une température élevée, offrent trois périodes dans la respiration.*

Pendant la première période, les acides sont oxydés ainsi qu'une partie du tannin. Il en résulte un quotient supérieur à l'unité (quotient d'acides) qui diminue peu à peu et devient inférieur à l'unité quand les acides ont disparu.

Pendant la seconde période, le reste du tannin est brûlé, puis la pectine apparaît, les cellules s'asphyxient et déterminent la fermentation des substances sucrées qui donnent de l'alcool et des acides volatils, d'où le parfum.

Le quotient respiratoire qui, au début de cette période, est inférieur à l'unité, s'élève rapidement (quotient de fermentation). Après une augmentation passagère, l'intensité respiratoire s'affaiblit. Durant cette période, le fruit jaunit, prend un aspect mat et sa consistance devient moins ferme.

Pendant la troisième période, les cellules ne pouvant s'adapter à ce nouveau genre de vie (fermentation) meurent : le fruit blettit. Le quotient s'abaisse, ainsi que l'intensité respiratoire qui devient très faible.

2° *Les mêmes fruits placés aux basses températures ne présentent que les deux dernières périodes ; aussi, peut-on constater l'existence, dans la pulpe de ces fruits blets, d'une grande quantité d'acide malique qui leur donne une saveur aigrelette.*

3° *Les fruits charnus sucrés contenant des acides, du tannin et de l'amidon, étant séparés de l'arbre au moment de leur maturation, ne présentent dans leur respiration que les deux dernières périodes, quelle que soit la température à laquelle on les porte.*

La troisième période fait presque complètement défaut chez les poires, les prunes, les pêches, les prunelles, fruits pour lesquels la deuxième période, celle de fermentation,

devient très longue. On peut presque dire que chez ces fruits le quotient reste supérieur à l'unité, tant qu'il existe de la matière sucrée. Nous avons déjà rencontré ce phénomène chez les kakis, les bananes, les melons.

Nous pouvons donc penser que chez tous les fruits dont la deuxième période de respiration est très longue, les cellules s'adaptent au nouveau genre de vie caractérisé par l'asphyxie partielle et la fermentation alcoolique. Les cellules de ces fruits peuvent être comparées aux cellules des levures.

Au contraire, chez les sorbes, les nèfles et tous les fruits dont la deuxième période de respiration est très courte et est suivie d'une troisième période, les cellules ont absolument besoin d'oxygène libre; elles meurent aussitôt qu'elles en sont privées, après une courte période d'asphyxie et de fermentation. Les cellules de ces fruits peuvent être comparées à celle du Penicillium glaucum dont le pouvoir de faire fermenter les liquides sucrés s'épuise rapidement.

Les fruits charnus sucrés contenant des acides, du tannin et de l'amidon, présentent donc au contact de l'oxygène de l'air, des phénomènes de tous points comparables à ceux qui ont été observés par MM. Le Chartier et Bellamy en plaçant ces fruits à l'abri de l'oxygène et dont nous avons parlé dans l'historique.

Le rapprochement est encore plus manifeste si l'on considère que les différences entre la respiration des nèfles et des sorbes d'une part, et celles des prunes, des poires, des prunelles, etc., d'autre part, sont de même ordre que les différences observées par MM. Le Chartier et Bellamy dans leur étude.

Il est en effet certain que les fruits qui, cessent rapidement, à l'abri de l'oxygène, de dégager du gaz carbonique, entrent dans notre première catégorie, celle où les cellules des fruits ne peuvent pas s'adapter à la vie sans air.

Ceux qui, au contraire, dégagent, dons ces conditions, pendant très longtemps du gaz carbonique, tels que la pomme de Loccard (le dégagement a duré 160 jours) et « tout fruit qui « n'acquiert son maximum de parfum et de saveur qu'après un

« certain temps de conservation » (1), *entrent dans notre seconde catégorie, celle où les cellules des fruits peuvent s'adapter à la vie sans air.*

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

Si nous rapprochons les unes des autres, en les comparant, les conclusions que nous avons énoncées à la fin de chacun des chapitres, nous voyons qu'il se dégage de notre étude un certain nombre de faits nouveaux concernant et la respiration des fruits charnus sucrés et les modifications chimiques que ceux-ci éprouvent pendant la maturation.

RESPIRATION DES FRUITS CHARNUS SUCRÉS.

I. Contrairement à ce que l'on observe dans la respiration des plantes ordinaires, les fruits charnus sucrés dégagent à certaines phases de leur développement un volume de gaz gaz carbonique supérieur au volume d'oxygène qu'ils absorbent dans le même temps et présentent, par suite, un quotient respiratoire supérieur à l'unité.

II. Ce quotient respiratoire spécial a une origine et des allures différentes suivant le degré de la maturation des fruits et les principes chimiques que ceux-ci contiennent. Nous sommes ainsi amené à distinguer deux catégories de quotients supérieurs à l'unité.

Les uns sont dus à la présence des acides ; nous les avons appelés *quotients d'acides*. Les autres sont dus à l'insuffisance de la quantité d'air qui parvient aux cellules et à la production d'alcool qui en est la conséquence ; nous les avons appelés *quotients de fermentation*.

III. Les *quotients d'acides* se présentent toutes les fois que

(1) Le Chartier et Bellamy, *De la fermentation des fruits* (C. R., 1875, t. LXXXI, p. 1129).

les fruits qui contiennent des acides : citrique, tartrique, malique, etc., se trouvent à une température supérieure à un certain degré.

La limite inférieure à partir de laquelle se manifeste le quotient d'acides est assez élevée (30°) pour les fruits à acides tartrique et citrique ; elle est moins élevée (15° environ) pour les fruits à acide malique.

Il est à remarquer qu'on obtient les mêmes quotients supérieurs à l'unité, lorsqu'on cultive des moisissures telles que le *Sterimatocystis nigra* sur des solutions ne contenant que les acides précédents. Il est ainsi prouvé que l'élévation du quotient respiratoire signalé plus haut dans les fruits acides est due à la présence de ces acides.

Mais, en plus de cette expérience et pour nous placer dans des conditions tout à fait comparables à celles que présentent les fruits, nous avons cultivé le même champignon dans des solutions contenant un mélange de sucre et d'acide. Or, dans ce cas, nous avons trouvé les mêmes quotients supérieurs à l'unité que dans les fruits acides et le même écart entre les limites inférieures de température où apparaissent, pour les différents acides, les quotients supérieurs à l'unité.

Les quotients d'acides se rencontrent également chez les plantes grasses. Cela nous permet de rapprocher leur respiration de celle des fruits acides et d'opposer ces deux respirations à celle des plantes ordinaires.

IV. Les quotients de fermentation se produisent toutes les fois que l'oxygène de l'atmosphère n'arrive plus aux cellules en quantité suffisante pour fournir l'énergie nécessaire à l'activité vitale.

Ce manque d'oxygène est dû à la production de pectine; cette production, d'une part est accompagnée d'une augmentation de l'activité cellulaire et, d'autre part, détermine une diminution dans l'apport de l'oxygène aux cellules, par suite de l'occlusion des méats intercellulaires par le gonflement de la pectine.

Nous avons constaté que l'apparition du quotient de fermentation n'a lieu que lorsque le tannin a disparu entièrement, et ceci concorde avec l'autre fait que nous avons également observé, à savoir que le phénomène dit de la transformation de la pectose en pectine ne se produit qu'après la disparition de ce tannin. Les relations que nous avons établies entre la formation de la pectine et l'apparition du quotient de fermentation nous ont permis de démontrer que les fruits, au contact de l'oxygène de l'air, se trouvent, de par cette formation, placés dans les mêmes conditions que les fruits privés d'oxygène par MM. Le Chartier et Bellamy, et qu'ils se comportent de la même façon.

V. Le *quotient de fermentation* diffère du *quotient d'acides :*

1° Par l'époque à laquelle on le constate. — Chez les fruits cueillis avant la maturité, il se manifeste à la fin de la maturation tandis que le quotient d'acides apparaît au début;

2° Par la température minima à laquelle il se manifeste. — On l'observe aux températures basses, même à 0°, chez les fruits qui présentent encore à cette température une respiration assez forte pour avoir besoin d'une quantité notable d'oxygène, tandis que le *quotient d'acides* n'apparaît guère, même pour ces fruits, qu'à 30°;

3° Par sa valeur. — Cette valeur est souvent supérieure à 3, tandis que le quotient d'acides est toujours inférieur à 2 et généralement plus petit que 1,50;

4° Par l'intensité respiratoire correspondante. — La quantité de gaz oxygène absorbé par le fruit, quand on constate le *quotient de fermentation*, est bien moins forte qu'avant son apparition, tandis que cette quantité est bien plus forte quand c'est le quotient d'acide qui se manifeste ;

5° Par les modifications qu'il éprouve sous l'influence du sectionnement. — Le sectionnement diminue légèrement sa valeur et augmente à peine l'intensité respiratoire correspondante, tandis qu'il élève considérablement le quotient d'acides en même temps que l'intensité respiratoire s'accroît fortement ;

6° Par les changements chimiques qui se produisent dans le fruit. — Le quotient de fermentation indique la formation d'alcool et assez souvent d'acides volatils. On ne constate rien d'analogue dans les fruits offrant le *quotient d'acides*.

MODIFICATIONS QUE LES FRUITS ÉPROUVENT PENDANT LA MATURATION.

Indiquons maintenant les modifications chimiques qui se produisent dans les fruits au cours des phénomènes respiratoires dont nous venons de montrer les variations. Ces modifications affectent : 1° les acides ; 2° les tannins ; 3° l'amidon ; 4° les matières sucrées.

I. Les *acides des fruits* sont partiellement utilisés à la formation d'hydrates de carbone.

Cette réaction se produit chaque fois que l'on observe le quotient d'acides, quelle que soit sa valeur, celle-ci étant, comme nous l'avons dit, toujours supérieure à l'unité.

Nous avons établi ce fait de la façon suivante :

1° Les moisissures cultivées sur un milieu nutritif ne contenant que des acides forment des hydrates de carbone (mycélium). En même temps elles présentent un quotient respiratoire supérieur au quotient que l'on obtiendrait en oxydant complètement la molécule des acides.

Donc un quotient supérieur au quotient d'oxydation complète des acides indique la formation des hydrates de carbone.

Or les moisissures cultivées sur un milieu nutritif contenant un mélange de sucre et d'acides, ainsi que les fruits acides, présentent, tant qu'il existe une assez grande quantité d'acides et que la température est assez élevée, un quotient supérieur au quotient d'oxydation complète des acides ; donc il se forme dans ces conditions des hydrates de carbone aux dépens des acides des fruits.

Il est certain que cette formation se produit encore dans les cultures des moisissures et dans les fruits contenant une

très faible quantité d'acides et une grande quantité de sucre; mais la combustion du sucre qui se produit avec un quotient au plus égal à l'unité étant très considérable par rapport à celle des acides, le quotient très élevé de formation des hydrates de carbone aux dépens des acides est fortement abaissé par cette combustion et, par suite, le quotient observé est inférieur au quotient d'oxydation complète des acides.

2° Dans les pommes cueillies nous avons constaté que la quantité de substance sucrée qui se forme aux températures élevées est supérieure à la quantité d'amidon disparue et correspond à peu près à la somme de l'amidon et de l'acide disparus.

II. Le *tannin* disparaît dans les fruits par oxydation complète, sans former d'hydrates de carbone. Ainsi se trouve démontrée l'opinion émise par M. Chatin sur la transformation du tannin dans les plantes. Les deux faits suivants établissent cette oxydation :

1° Alors que le quotient respiratoire que présente le *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur une solution contenant du tannin de la noix de galle (tannin formé de sucre et d'éther digallique) et y produisant des hydrates de carbone aux dépens de cette substance, est toujours supérieur à l'unité, quelle que soit la température, le quotient respiratoire des fruits non acides contenant simplement du tannin et du sucre est constamment inférieur à l'unité, jusqu'à la disparition complète de ce tannin;

2° La disparition du tannin dans les fruits voisins de la maturité n'est pas accompagnée d'une augmentation de la matière sucrée.

III. L'*amidon* se transforme en matière sucrée dans le cours de la maturation. Cette conclusion est démontrée par les dosages de ces deux sortes d'hydrates de carbone faits à divers moments de la maturation des pommes après qu'elles ont été séparées de l'arbre. Nous avons ainsi confirmé les résultats des recherches de Buignet et Corenwinder sur les bananes et celles de Lindet sur les pommes.

IV. Les *matières sucrées*, en même temps qu'elles se forment aux dépens de l'amidon et probablement aussi des acides, disparaissent en partie par oxydation.

En outre, dans les fruits qui présentent le quotient de fermentation à la fin de la maturation, ces substances sucrées se transforment partiellement en alcools et acides volatils. Il en résulte des éthers qui constituent le parfum de ces fruits.

Puisque les acides et le tannin disparaissent rapidement aux températures élevées, on peut hâter la maturation des fruits charnus sucrés contenant soit des acides (pommes, raisins, oranges), soit des tannins (kakis), soit un mélange de ces deux sortes de substances (sorbes, nèfles, poires, etc.), en les exposant aux températures élevées.

D'autre part, on peut retarder la maturation des fruits contenant beaucoup d'acides et dont la respiration ne présente pas de période de fermentation (certaines pommes, raisins, cerises, oranges, etc.) en les exposant à des températures voisines de 0°, puisque, aux basses températures, les acides ne sont pas comburés.

Par contre, les fruits contenant du tannin et qui présentent à la fin de la maturation un quotient de fermentation (sorbes, nèfles, kakis, etc.), ne peuvent pas être conservés beaucoup plus longtemps aux basses températures qu'aux températures élevées, parce que le tannin est brûlé aussi bien à l'une qu'à l'autre température. Aussitôt après sa disparition, se produit la transformation de la pectose en pectine et, par suite, apparaît la période de fermentation et le fruit blettit.

Enfin, la nécessité d'une température élevée pour la combustion des acides tartrique et citrique, la possibilité d'oxydation de l'acide malique aux basses températures, expliquent pourquoi les pommes, les sorbes, les nèfles et les autres fruits qui contiennent de l'acide malique mûrissent sous des climats froids, tandis que les raisins et les oranges

exigent des climats plus chauds; elles expliquent également pourquoi les fruits à acide malique (pommes, sorbes, nèfles, etc.) mûrissent après leur séparation de l'arbre dans des fruitiers dont la température est peu élevée, tandis que les raisins et surtout les oranges et autres fruits d'Aurantiacées mûrissent difficilement dans ces conditions. Cependant, en élevant suffisamment la température, les fruits à acides citrique et tartrique achèvent leur maturation en fruitier.

En terminant l'exposé de cette étude sur la maturation des fruits, je suis heureux de témoigner à mon cher maître M. Duvillier, professeur de chimie industrielle à la Faculté des sciences de Marseille, ma reconnaissance la plus profonde pour la large hospitalité qu'il m'a accordée dans son laboratoire et pour la part qu'il a prise à la direction de ce travail.

Qu'il me soit également permis d'adresser à M. Jumelle, maître de conférence de botanique à la même Faculté, qui a été pour moi un maître plein de bienveillance, l'expression de ma vive gratitude. C'est à sa direction éclairée et aux conseils qu'il m'a prodigués que je dois d'avoir pu effectuer ces recherches.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

Fig. 1. — A. Vase cylindrique contenant le fruit à étudier. — B. Thermomètre. — C. Tube recourbé pouvant être fermé par un tube de caoutchouc et une baguette de verre *c*. — D. Tube recourbé dont la branche horizontale F porte un robinet à trois voies *d* et un manomètre E. Le mercure contenu dans la branche *a* de ce manomètre est surmonté d'une mince couche d'eau destinée à empêcher l'arrivée des vapeurs mercurielles dans le vase A. — G. Réservoir de l'appareil destiné au prélèvement des échantillons de gaz pour l'analyse. Ce réservoir communique, par l'intermédiaire du robinet à trois voies *g*, soit avec le tube F, soit avec le tube de dégagement I conduisant les gaz dans la cuve à mercure K. — H. Réservoir à mercure permettant, par son élévation ou son abaissement, de refouler ou d'aspirer les gaz contenus dans le réservoir G, avec lequel il communique par le tube en caoutchouc *h*. — L. Petit tube à essai dans lequel se rend la prise de gaz et que l'on transporte sur l'appareil à analyse de MM. Bonnier et Mangin. — M. Grand flacon régulateur de pression, que l'on met en communication avec le tube C, au moment du renouvellement de l'atmosphère du vase A, au moyen du tube à robinet N et du tube de caoutchouc qui lui fait suite. Ce flacon porte un robinet à trois voies *m* qui permet d'y faire le vide au moyen d'une trompe à eau communiquant avec la branche *n*, ou d'y laisser rentrer l'air par la branche *p*.

Fig. 2. — A. Ballon de verre où s'effectue la saponification. — B. Réfrigérant à serpentin destiné à condenser les vapeurs qui s'échappent du ballon A. — C. Tube faisant communiquer le ballon A et le réfrigérant B. Ce tube permet le passage des vapeurs du ballon au réfrigérant et le retour inverse des produits condensés. — D. Petit appareil destiné à éviter les pertes d'alcool. Il est formé d'un tube portant un renflement *a* et dont l'extrémité inférieure plonge dans un peu d'eau contenue dans le tube à essai *b*. Un vide, ménagé entre ce tube à essai et le bouchon *c*, permet à l'air déplacé au début de l'ébullition de s'échapper librement.

PLANCHE II.

Fig. 1. — A. Ballon de Fernbach dont les tubes latéraux *a* sont fermés par des tubes de caoutchouc et des baguettes de verre. Le col *b* de ce ballon, qui contient le liquide nutritif ensemencé, est fermé par un bouchon et porte un tampon d'ouate *c* que traversent les tubes *d* destinés à prélever

des échantillons du liquide nutritif. Deux autres tampons d'ouate *e* sont placés dans les tubes latéraux *a*.

Fig. 2. — A. Réservoir d'eau destiné à chasser par déplacement l'atmosphère confinée contenue dans les vases à expériences. — B,... B*n*. Série de 8 à 10 vases contenant les fruits en expérience (pour simplifier la figure, on n'a représenté que deux de ces vases). — C. Armoire pouvant se fermer et contenant : un robinet à trois voies *a*, un tube à potasse de Liebig *b*, un tube en U à ponce potassique *c* et un tube en U à ponce sulfurique *d*. Cette disposition permet d'enlever à l'atmosphère des flacons B,... B*n*, avant qu'elle passe dans le tube à combustion, le gaz carbonique, la vapeur d'eau et la presque totalité des éthers qu'elle contient. — D. Grille à combustion pour analyse organique dans laquelle est chauffé un tube en verre dur contenant de l'oxyde de cuivre. Celui-ci est relié par un caoutchouc avec le tube à ponce sulfurique *d*. Une pince *e* permet de régler le courant gazeux dans l'appareil à combustion. — E. Tubes destinés à retenir l'acide carbonique et la vapeur d'eau formés : 1° tube à ponce sulfurique *f* retenant la vapeur d'eau ; 2° tube à potasse *g* et tube à ponce sulfurique *h* retenant l'acide carbonique. — F. Gazomètre à air formé des flacons *i* et *k* et permettant de balayer, grâce au robinet à trois voies *a*, les gaz contenus, à la fin de l'expérience, dans l'ensemble des tubes à absorption et du tube à combustion.

ERRATUM

Page 217, article C. Gerber *sur la Maturation des fruits charnus*, rétablir ainsi le deuxième alinéa de cette page :

« Ce tableau montre en effet qu'à 20° l'intensité respiratoire du « fruit est si faible que l'oxygène emprunté à l'atmosphère est suf- « fisant pour les réactions chimiques qui se passent dans les cellules, « même quand le fruit se ramollit; aussi le quotient respiratoire « est-il constamment inférieur à l'unité.

« Toutes les expériences précédentes ne nous disent pas si, quand « les fruits sont maintenus à une température élevée, le tannin a « complètement disparu au moment où le quotient devient supé- « rieur à l'unité, ou s'il continue à disparaître pendant que l'alcool « se produit. Or de la résolution de cette question dépend l'élimi- « nation de l'une des deux hypothèses (2e ou 3e) que nous avons « précédemment émises sur la disparition du tannin. »

SUR

DEUX FLORIDÉES NOUVELLES

POUR

LA FLORE DES CANARIES

Par M[lle] N. KARSAKOFF.

I. — Vickersia canariensis.

L'Algue que je vais décrire sous ce nom a été découverte par M[lle] Anna Vickers pendant le séjour qu'elle a fait à l'île Canarie durant l'hiver 1895-96. C'est une très jolie et délicate Floridée, appartenant à la famille des Céramiacées, qui formait des touffes gazonnantes à la face inférieure horizontale de rochers surplombant des flaques profondes.

Son thalle, haut de 2 à 3 centimètres (pl. XIV, fig. 1), est composé d'un axe articulé, rameux, à végétation indéterminée et de ramules définis, distiques ou verticillés par 3 ou par 4. A la base, la fronde est couchée, rampante, fixée au substratum et aux corps environnants par des rhizoïdes (fig. 3) sortant de la partie inférieure ou de la partie moyenne des articles; les uns sont des crampons terminés par un épatement discoïde à bord sinué, dans lequel on reconnaît une structure rayonnante; les autres, plus allongés et naissant à toute hauteur sur la tige, sont entièrement cylindriques. La ramification est irrégulière. Certains rameaux jouent le rôle de stolons et s'étalent sur le sol; les autres sont dressés. Tous sont garnis, à presque tous les articles, de ramules unicellulaires, ovoïdes ou claviformes,

légèrement courbés vers le haut de sorte que leurs bords supérieur et inférieur ne sont pas symétriques (fig. 5 et 6). Par leur forme et leur grosseur, ainsi que par l'aspect de leur matière colorante, ces ramules ont une grande ressemblance avec les articles des *Griffithsia* moniliformes. Dans quelques cas, à la base des rameaux dressés, ils affectent une configuration bien différente. Ils sont allongés, aciculaires et composés de 4 à 6 articles cylindriques ou légèrement renflés vers le milieu (fig. 4). — Au sommet, le point végétatif est recouvert par les jeunes ramules qui sont fortement incurvés (fig. 6).

La plupart des exemplaires récoltés par Mlle Vickers sont pourvus de tétraspores. Les ramules qui les portent ont la même forme et la même grandeur que les ramules végétatifs, mais ils s'en distinguent nettement parce qu'au lieu de s'attacher directement sur l'axe, ils y sont fixés par l'intermédiaire d'un court article, à peu près aussi long que large (fig. 5-7). C'est de cette sorte de pédicelle que naissent les tétraspores. Ils sortent en grand nombre de tout le pourtour libre de l'article et ne sont accompagnés d'aucun organe accessoire, poils ou involucre. Leur division est triangulaire (tétraédrique). — Généralement les ramules fertiles sont verticillés et plusieurs verticilles se succèdent sans être interrompus par des ramules ordinaires.

Nous n'avons vu ni les anthéridies ni les cystocarpes.

De toutes les Algues de la région canarienne dont nous avons consulté les figures et les descriptions, une seule nous a paru avoir une assez grande ressemblance avec la plante de Mlle Vickers, c'est celle que M. J. Agardh a fait connaître sous le nom de *Callithamnion baccatum*, d'après un exemplaire unique, malheureusement stérile, rapporté des Açores (1). Comme la nôtre c'est une plante naine, rampante, s'attachant par des rhizoïdes, dont les rameaux dressés

(1) Om de under Korvetten Josephines expedition, sistliden sommer insamlade Algerne. (Œfversigt af K. Vetensk. Akad. Förhandl. 1870, p. 363, pl. II; — Epicrisis System. Floridearum, 1876, p. 27.)

portent des ramules globuleux opposés ou verticillés. Tout en la plaçant à côté du *Callithamnion* (*Spermothamnion* Areschoug) *Turneri*, M. J. Agardh fait remarquer qu'elle est bien différente de tous les *Callithamnion* qu'il connaît par la conformation de ses ramules supérieurs.

Il n'existe, en effet, aucun autre *Callithamnion* dont les ramules soient renflés en boule de manière à simuler une baie; chez tous ils offrent une forme cylindrique ou aciculaire. Toutefois la figure du *C. baccatum* différait trop de la Floridée canarienne pour qu'on pût identifier les deux Algues sans plus ample information. Un exemplaire fut adressé à M. le professeur J. Agardh, auteur de l'espèce. Ce savant répondit avec la plus grande bienveillance que la plante de la Canarie est effectivement voisine du *C. baccatum*, mais ne peut lui être réunie. Il fit observer que, dans le *C. baccatum*, les ramules, le plus souvent ternés, sont étalés horizontalement, et composés d'un seul article globuleux porté par un pédicelle très court, et qu'en outre son thalle est plus robuste, comme on le verra en comparant la figure, *faiblement grossie*, donnée par M. J. Agardh, avec la figure 2 de notre planche, qui est 4 fois plus grande que nature, et même avec les figures 3 et 5 dont le grossissement est de 36 fois. — L'Algue des Canaries a les ramules végétatifs, seuls comparables, puisque le *C. baccatum* est stérile, oblongs ou claviformes, asymétriques, étalés dressés et formés d'un seul article, ou bien aciculaires et constitués par plusieurs articles.

Si l'ensemble de leurs caractères permet de rapprocher ces deux Algues comme espèces voisines, dans quel genre convient-il de les placer ? Lorsque le *C. baccatum* était seul connu, comme il était dépourvu de fructification, les organes végétatifs pouvaient seuls servir de guide pour l'introduire dans la classification. Son thalle articulé, rampant, fixé par des crampons dilatés en disque, ses ramules opposés et verticillés rappelaient le *C. Turneri*, aussi est-ce d'abord près de cette espèce qu'il fut intercalé; plus tard, dans

l'*Epicrisis Syst. Floridear.*, p. 27, il prit place dans le groupe des Verticillatæ entre les *Callithamnion dispar* et *Muelleri.*

La connaissance des tétraspores de la plante de Mlle Vickers fournit un renseignement important pour la solution de la question. Si nous examinons la disposition offerte par les principaux genres qui s'en rapprochent le plus par la structure générale, nous en trouvons trois surtout qui doivent attirer l'attention : le *Spermothamnion* (*Callithamnion Turneri* Ag.), le *Callithamnion*, pris dans le sens étendu qu'on lui donnait autrefois, et le *Griffithsia.* Dans le *Spermothamnion*, de même que dans le plus grand nombre des *Callithamnion*, les tétraspores occupent la place d'un ramule ou de son article terminal; il n'y a d'exception que pour les espèces réunies autrefois par Naegeli sous le nom de *Pœcilothamnion*, chez lesquelles les tétraspores naissent au nombre de 1 à 3 sur le côté d'un article portant déjà un rameau (1). Les *Griffithsia* présentent également deux dispositions principales ; ou bien les tétraspores sont solitaires sur les rameaux verticillés, ou bien ils naissent en grand nombre autour de la partie supérieure d'articles dont la forme et la grandeur sont plus ou moins modifiées.

De ces diverses sortes d'arrangement des tétraspores, deux seulement, celle du *Pœcilothamnion* et celui des *Griffithsia* cités en dernier lieu sont comparables à la disposition présentée par la plante de Mlle Vickers. Encore ne faut-il pas pousser bien avant la comparaison avec les *Griffithsia* pour s'apercevoir que la ressemblance est plutôt générale et ne s'étend pas jusqu'aux détails. En effet, si l'on jette un coup d'œil sur l'organisation du fruit tétrasporique figurée par Kützing dans le tome XII des *Tabulæ phycologicæ* aux planches 20, 26, 27 et 29, on verra que les tétraspores ne naissent pas immédiatement de l'article de la fronde qui les porte, mais qu'ils sont les cellules terminales de petites

(1) Voy. *Naegeli*, Die neuere Algensysteme, pl. VI, fig. 8 et 9; *Thuret*, Études phycol., pl. XXXV, fig. 14.

touffes très ramifiées produites d'abord par l'article. L'analogie semble plus marquée avec les *Pœcilothamnion*. Dans les deux cas les tétraspores naissent directement d'un article, toutefois il y a lieu de considérer que les différences ne manquent pas non plus. Dans le *Pœcilothamnion* l'article fructifère est un article ordinaire du thalle et non un article spécial ; les tétraspores, très peu nombreux, naissent en une simple ligne le long de l'article et non de toute sa surface.

Par sa fructification tétrasporique, la petite Algue canarienne qui nous occupe ne rentre donc exactement dans aucun des types génériques connus. Elle présente en outre d'autres caractères qui ne semblent pas permettre de la rattacher à l'un ou l'autre des genres avec lesquels elle présente le plus d'analogie par la disposition des tétraspores. Son thalle, dont les rameaux dressés ont une croissance indéterminée tandis que les ramules verticillés qui les garnissent ont une croissance définie, la sépare nettement du *Pœcilothamnion*, dont toutes les divisions sont équivalentes. Elle se distingue des *Griffithsia* parce que ses ramules sont dépourvus de poils caduques ramifiés et par la manière dont ses tétraspores naissent directement et isolément de l'article fructifère. Elle s'éloigne de l'un et l'autre genre par ses crampons discoïdes dont il n'est fait mention nulle part, que je sache, chez les *Callithamnion* proprement dits et les *Griffithsia*, bien que chez ces derniers les rhizoïdes cylindriques se développent abondamment.

Cette réunion de caractères, tirés à la fois du port de la plante, de la structure de son thalle et de ses tétraspores, me paraît avoir assez d'importance pour justifier l'établissement d'un genre nouveau qui se placerait provisoirement à côté du *Griffithsia*, en attendant que le cystocarpe en soit connu. Il pourrait être défini de la manière suivante :

VICKERSIA.

Frons tota articulata, monosiphonia, ecorticata, repens,

radiculis apice scutellatim expansis affixa; fila primaria cylindrica, inferne irregulariter ramosa, ramis erectis ad genicula opposite aut verticillatim ramulosis. Ramuli vegetativi simplices sæpius ex articulo unico crassiusculo inflato, nunc ad basim ramorum articulis pluribus cylindricis constantes. Ramuli tetrasporiferi biarticulati articulo inferiore tetrasporas numerosas circumcirca prægnante. Tetrasporæ sphæricæ triangule divisæ sessiles.

Cystocarpia et antheridia desiderantur.

Dans ce genre viendraient se placer deux espèces ainsi définies :

V. CANARIENSIS.

Fronde cæspitosa 1-2 cent. alta repente et radicante, filis primariis cylindricis setaceis irregulariter ramosis, secundariis erectis subsecundatim parce ramosis, opposite vel verticillatim ramulosis; ramulis demum clavato-ovatis, incurvatis, erecto patentibus, unico articulo constantibus. Tetrasporis in ramulis cæteris conformibus, sed ex duobus articulis formatis, evolutis, articulum inferiorum minorum circumcirca vestientibus.

Hab. ad insulam Canariam prope Las Palmas, Castillo, Confital, fornicem cavernularum investiens. Februario.

Frons parva. Fila primaria cylindrica crassitie setacea, inferne irregulariter dichotoma, deorsum radiculis ex parte inferiore articulorum egredientibus, affixa. Fila secundaria erecta, libera, secundatim parce ramosa, hinc inde radiculas elongatas cylindraceas scutello haud terminatas et ramellos binos, ternos quaternosve fere a quoque geniculo emittentia. Ramuli semi-millimetrum vix longi, erecto-patentes, sursum incurvi, juveniles cylindracei, demum passim heteromorphi : alii cylindracei, aciculares, ad basin ramorum distichi, ex articulis 4-6 constantes; alii unico articulo inflato clavato-ovato formati. Ramuli tetrasporiferi iis vegetativis conformes sed bi-articulati; articulo basilari

brevi tetrasporas globosas, sessiles, subverticillatas, triangule divisas circumcirca pregnante.

V. ? BACCATA.

Callithammion baccatum J. Ag., loc. cit.

« Fronde nana repente, radiculis elongatis radicante, filis primariis cylindricis, inferne dichotomis nudiusculis, superne opposite aut verticillatim ramulosis, ramulis demum sphæricis », sæpissime ternis patentissimis, fere horizontaliter egredientibus, unico articulo globoso supra pedicellum brevissimum constantibus.

In Atlantico ad Azoras.

« Frons fere microscopica. Fila primaria cylindracea quoad longitudinem crassiuscula, inferne dichotoma et radiculis elongatis ad alias Algas affixa, superne libera et ramulis binis aut ternis infra geniculum quodque erumpentibus, quasi peculiaris indolis, baccam referentibus, obsita. Articuli in filo primario cylindracea geniculo crasso hyalino sejuncti, inferne diametro circiter duplo longiores, superne sensim breviores. Ramuli juveniles magis cylindracei, mox inflati sphærici, unico nunc duobus articulis constantes, intra membranam hyalinam endochroma coloratum sphæricum, nunc basi quasi pedicellatum (residuo articuli inferioris) foventes. » (Descr. auct. transcripsi.)

Il serait à désirer que la découverte des tétraspores pour la *Vickersia baccata*, des cystocarpes et des anthéridies pour les deux espèces permette d'en compléter le portrait. Au dire de Mlle Vickers, le gracieux petit *Vickersia canariensis* était abondant dans certaines flaques sur la grève de Las Palmas et près du Castillo à la fin de l'hiver. On peut espérer que l'algologue qui aurait l'occasion de se trouver à la Grande Canarie un peu plus tard dans la saison, l'y rencontrerait avec les deux autres organes de fructification. Son aspect, même à l'état stérile, est assez caractéristique pour que l'identification en soit facile.

Il est permis de supposer aussi que, dans sa patrie aux Açores, le V. *baccata* n'est pas rare non plus, et doit tapisser comme une Mousse rose les recoins bien abrités.

II. — Phyllophora gelidioides Crouan mscr.

Je dois à M. Bornet le nom de cette Algue que je ne pouvais déterminer, attendu qu'elle n'a pas été décrite. Elle est simplement mentionnée dans l'*Essai de classification des Algues de la Guadeloupe*, par Mazé et Schramm, 2e édition, Guadeloupe, 1870-77, p. 200, sous le nom de *Gelidium ligulatonervosum* Crouan msc. qui serait demeuré entièrement obscur si des échantillons en nature, distribués par M. Mazé, ne permettaient point d'en fixer la classification. J'ai pu voir un de ces exemplaires dans les collections du Muséum, et deux autres dans l'herbier Thuret, où se trouvent les types des frères Crouan qui ont, comme on le sait, déterminé les Algues récoltées par Schramm et Mazé. Ces exemplaires portent les numéros 499 et 1084 ; le premier seul est cité dans l'*Essai*.

Les noms divers inscrits de la main de Crouan sur ces échantillons montrent que son opinion a varié relativement au genre dans lequel il convenait de les placer. Sur le numéro 499 on lit :

Phyllophora gelidioides Crouan.

Gelidium ligulatonervosum Crouan olim.

Le numéro 1084 est inscrit sous la dénomination de :

Phyllophora siculus (Kg. Bot. Zeit., 1847) J. Ag. Sp.

Phyllotylus siculus (Kg. Tab. Phyc., XIX, tab. 75).

D'où résulte qu'après avoir d'abord rapporté la plante au genre *Gelidium*, manière de voir reproduite dans l'*Essai* et dans le *Catalogue of the marine Algæ of the West Indian Region* de M. G. Murray, p. 13, Crouan en appréciait plus tard les affinités d'une façon différente et la rangeait parmi les *Phyllophora*, soit qu'il la tînt pour une espèce distincte, soit qu'il la réunît à une espèce déjà connue.

En l'absence de toute fructification qui fournirait des caractères décisifs, la seconde appréciation me paraît justifiée par le port, le mode de végétation et la structure anatomique. Et comme le nom de *Gelidium ligulatonervosum*, quoique publié, n'est accompagné d'aucune description, aucune règle de nomenclature n'empêche de prendre celui de *Phyllophora gelidioides*, mieux approprié, que Crouan lui avait substitué. Il ne nous semble pas que l'assimilation faite par Crouan entre cette Algue et le *Phyllotylus siculus* puisse être acceptée. Bien qu'elles aient quelques caractères communs, les deux plantes sont trop différentes pour qu'on ne les distingue pas.

A la Guadeloupe le *Phyllophora gelidioides* croît sur des rochers ensablés, toujours submergés, à la base d'Algues plus ou moins développées; il est rare. Il ne semble pas non plus être abondant à la Grande Canarie où Mlle Vickers l'a découvert dans une seule localité, au Castillo San Cristoballo, où il tapissait le fond d'une flaque.

La plante forme un entrelacement de fibres radicales cylindriques horizontales, rameuses, adhérentes aux rochers et aux corps voisins par des crampons. De ce plexus sortent des frondes dressées, irrégulièrement rameuses, d'abord cylindriques, puis élargies et aplaties en lames étroites, linéaires, à bord irrégulièrement dentelé, obtuses ou atténuées au sommet, colorées en rouge brun. Ces lames sont plus épaisses au milieu que sur les bords de sorte qu'elles paraissent pourvues d'une nervure plus ou moins apparente. Comme leurs congénères elles sont fréquemment interrompues par une série de troncatures, d'où sortent une ou plusieurs prolifications qui renouvellent et allongent la fronde. Celle-ci mesure de 2 à 4 centimètres de hauteur. La largeur des lames reste au-dessous de 2 millimètres. Des stipes et des lames naissent des prolifications qui se recourbent vers le bas et jouent le rôle de stolons ou se dressent en forme de lames stipitées.

Les parties cylindriques du *Phyllophora gelidioides* sont

composées en deux sortes de cellules ; les intérieures polygonales, assez grandes environ trois ou quatre fois plus longues que larges, à parois épaisses, qui forment la masse principale du tissu. Elles diminuent peu à peu de grandeur et de longueur jusqu'à la périphérie où elles sont à peu près égales dans toutes les directions. — La coupe des lames montre que celles-ci sont ancipitées et qu'elles ont la même structure ; seulement les cellules corticales sont un peu plus petites et ont les parois plus épaisses.

Quelquefois les cellules corticales de la partie médiane de la lame se développent en une file de cellules étroites très denses qui sont peut-être des commencements de némathécies ; mais le développement n'était pas assez avancé pour que cette interprétation eût un degré suffisant de certitude.

D'après les caractères externes et internes, il existe une plus grande ressemblance entre la Floridée récoltée par Mlle Vickers et les *Phyllophora* de la section *Phyllotylus* qu'avec les *Gelidium*. On sait que dans ce dernier genre les tissus sont disposés autour d'un axe central articulé distinct surtout au sommet des pinnules, plus ou moins dissimulé plus tard par la formation d'un grand nombre de rhizoïdes internes qui descendent entre les cellules. Il n'existe aucune trace de cette double disposition dans le *Phyllophora gelidioides*.

La forme linéaire des segments de la fronde, leur opacité, leur couleur distinguent nettement cette espèce du *Phyllophora sicula* auquel Crouan l'avait assimilée et auquel elle ressemble par son thalle inférieur et sa végétation gazonnante. J'en résumerai ainsi les caractères différentiels:

Phyllophora gelidioides Crouan mscr. in herb. Thuret.

Gelidium ligulatonervosum in Mazé et Schramm, loc. cit.

Fronde cæspitosa pollicari, fusco-rubra, radice fibrosa, fibris ramosis decumbentibus radicantibus ; segmentis erectis basi stipitatis, stipite elongato ramoso filiformi, ramis in laminas planas, lineares, ancipites serrato-denti-

culatas simplices aut furcatos vel proliferas abeuntibus.

Hab. ad Antillas (Mazé !) et Canariam (Vickers !).

Je tiens à exprimer ici mes remerciments les plus sincères à M. Bornet pour les deux dessins (fig. 1 et 2) qu'il a bien voulu faire de la *Vickersia canariensis* et aussi pour les indications précieuses et les conseils si bienveillants grâce auxquels le travail entrepris a pu être mené à bonne fin.

EXPLICATION DES FIGURES

PLANCHE III

Fig. 1. — *Vickersia canariensis.* Touffe de grandeur naturelle.
Fig. 2. — *V. canariensis.* Fragment de la touffe précédente. Gr. 4 fois.
Fig. 3. — *Id.* Partie rampante du thalle avec des rhizoïdes et des ramules à croissance définie. Gr. 36 fois.
Fig. 4. — Fragment du thalle à longs rhizoïdes et à ramules articulés, allongés, aciculaires. Gr. 18 fois.
Fig. 5. — Thalle dressé : ramules stériles et ramules tétrasporifères. L'un des premiers de forme bizarre vient de séparer par une cloison une section qui donnera probablement un rhizoïde. Gr. 36 fois.
Fig. 6. — Sommet d'une tige. Cellules terminales, et ramules biarticulés tétrasporifères. Gr. 45 fois.
Fig. 7. — Disposition des tétraspores sur le pédicelle d'un ramule. Gr. 90 fois.

Dasya
(Lophocladia)
trichoclados
comment of alga
of Gran Canaria

Mlle A. Vickers: Contribution à la Flore Algologique des Canaries (Gran Canaria).
(Annal. Sci. Nat. Bot. VIII. tom. IV. pp. 293–306. 1896 [1897]

Myxophyceae.

* Lyngbya majuscula Harvey (Tanger, Gabon)
* Symploca hydnoides Kütz. (Tanger, Cap Vert)
var. genuina Gomont
* Hydrocoleum lyngbyaceum Kütz. var. Gomont (Tanger)
* Hormothamnion enteromorphoides Grunow (W. Indies)
Rivularia bullata Berkeley

Chlorospermeae.

Ulva lactuca L.
Enteromorpha Linza J. Ag. f. lanceolata?
* E—— lingulata J. Ag. (Tanger)
* E—— Hopkirkii McCalla
E—— ramulosa Hook. f. spinescens Kütz.
* Ulothrix (Hormotrichum) laeta Thur. (Tanger)
Chaetomorpha aerea Kütz.
Cladophora prolifera Kütz.
Cl—— pellucida Kütz.
Cl—— Neesiorum Kütz.
Cl—— refracta Kütz.
Cl—— flexuosa Griff.
Cl—— (Aegagropila) enormis Kütz.
* Siphonocladus tropicus J. Ag. (W. Indies)
* S—— membranaceus Bornet
* Microdictyon umbilicatum Zanard (Caribs, Mediterr.)
M—— calodictyon Decaisne

Anadyomene stellata Ag.
Valonia utricularis Ag.
Dasycladus clavaeformis Ag.
Cymopolia barbata Lamour. (Caribs, W. Indies)
Acetabularia mediterranea Lamour.
Derbesia Penicillum [Bryopsis Meneghinii]
Bryopsis Balbisiana Lamour.
Br—— plumosa Ag.
Br—— hypnoides Lamour.?
Caulerpa Webbiana Mont.
+ f. disticha
C—— prolifera Lamour.
C—— crassifolia Ag.
C—— peltata Lamour.
Codium adhaerens Ag.
C—— Bursa Ag.
C—— elongatum Ag.
* Udotea tomentosa Murray et Boodle

Phaeophyceae (Fucoideae).

Dictyota dichotoma Lamour.
* D—— ligulata J. Ag.
D—— linearis Ag.
D—— fasciola Lamour.
Taonia atomaria J. Ag.
Padina pavonia Gaillon
Stypopodium lobatum Kütz.
Zonaria flava Ag.
Gymnosorus variegatus J. Ag. (Caribs)
Dictyopteris polypodioides Lamour.
Stypocaulon scoparium Kütz.
Cladostephus verticillatus Ag.
Sphacelaria cirrhosa Ag.

* Ectocarpus irregularis Kütz.
E—— siliculosus Lyngb.?
* E—— virescens Thuret
* Pylaiella fulvescens Thuret
Asperococcus bullosus Lamour.
Scytosiphon Lomentaria J. Ag.
Colpomenia sinuosa Derb. et Sol.
Fucus platycarpus Thur. f. nana (F. limitaneus Mont.)
Cystosira Abies-marina Ag.
C—— discors Ag.
Sargassum linifolium Ag. var. amygdalifolium (Mont.)
S—— vulgare Ag. var. megalophyllum (Mont.)
+ var. diversifolium Ag.
S—— Desfontainesii Ag.

Rhodophyceae (Florideae).

* Porphyra leucosticta Thuret.
Chantransia Saviana Ardissone
Liagora viscida Ag.
* Liagora pulverulenta Ag.
Liagora elongata Zanard.
Scinaia furcellata Bivona
Galaxaura Decaisnei J. Ag.
Actinotrichia lapidescens Schmitz
Wrangelia Argus Mont.
Gelidium crinale Lamour.
* G—— pusillum Le Jol.
G—— corneum Lamour.
G—— pectinatum Mont.
G—— Arbuscula Bory
Pterocladia capillacea Born.
* Phyllophora gelidioides Crouan ms.
Callymenia reniformis Ag.?
Sphaerococcus coronopifolius Ag. f. gracilior
* Gracilaria armata J. Ag.
Hypnea musciformis Lamour.
Rhodymenia Palmetta Grev.
Chrysymenia uvaria J. Ag.
Lomentaria articulata Lyngb.
Champia parvula Harvey
Plocamium coccineum Lyngb.
Falkenbergia Hillebrandii Falk.
Nitophyllum uncinatum J. Ag.
Delesseria Hypoglossum Lamour.
* Sarcomenia miniata Ag.
Asparagopsis Delilei Mont.
Laurencia obtusa Lamour.
Rytiphloea tinctoria Ag.
Halopithys pinastroides Kütz.
Alsidium corallinum Ag.

* Polysiphonia simpliciuscula Crouan
P—— macrocarpa Harv.?
P—— erythraea J. Ag.
P—— furcellata Harv.
P—— (Pterosiphonia) pennata J. Ag.
Dasya (Lophothalia) trichoclados J. Ag. (very common)
D—— Wurdemanni Bailey
* D—— ocellata Harv.
D—— arbuscula Ag.
Herposiphonia tenella Schmitz
H—— secunda Falk.
* Spondylothamnion multifidum Naegeli
* Spermothamnion gorgoneum Bornet ined.
* Sp—— Turneri Areschoug
Griffithsia barbata J. Ag.
Gr—— Schousboei Mont.
Gr—— opuntioides J. Ag.
* Gr—— tenuis Ag.
Gr—— furcellata J. Ag.
* Vickersia canariense Karsakoff l. cit. p. 286. tab. III
* Monospora pedicellata Solier
* Callithamnion corymbosum Lyngb.
* C—— byssoides Arnott var. arachnoideum
* C—— gallicum Naegeli?
Spyridia filamentosa Harv.
Ceramium echinotum J. Ag.
C—— (Centroceras) clavulatum Ag.
Grateloupia dichotoma J. Ag.
Nemastoma canariensis J. Ag.
Melobesia corticiformis Kütz.
M—— pustulata Lamour.
* Lithothamnion incrustans Philippi
* L—— crassum Philippi
Corallina mediterranea Areschoug
Jania granifera Decaisne
J—— rubens Lamour.

CONTRIBUTION

A LA

FLORE ALGOLOGIQUE DES CANARIES

Par Mlle A. VICKERS.

Sachant que la Grande Canarie avait été moins étudiée au point de vue algologique que sa voisine l'île de Ténériffe, j'ai pensé qu'il serait intéressant de me diriger de ce côté et, pendant cinq ou six mois, de parcourir les grèves, racler les rochers à la recherche d'espèces nouvelles, ou, dans tous les cas, d'espèces et de variétés nouvelles à ajouter à la liste, déjà si nombreuse, des îles Canaries.

J'ai réussi plus que je n'osais l'espérer. Dans la liste des 136 espèces que j'ai récoltées j'ai recueilli 33 espèces qui n'avaient pas encore été signalées pour ces régions, un *Phyllophora* très rare, trouvé seulement à la Guadeloupe et dont la description n'a pas été publiée jusqu'à présent, et un genre tout à fait nouveau que Mlle N. Karsakoff a décrit plus haut sous le nom de *Vickersia canariensis*.

La Grande Canarie ou Gran Canaria fait partie de ces îles « Fortunées » si célèbres par leur climat vraiment idéal : elle est située entre la latitude 27° 44′ et 28° 12′, et la longitude de 15° 50′ d'après le méridien de l'observatoire de Greenwich, ce qui lui donne 55 kilomètres de longueur sur 47 kilomètres de largeur. Elle couvre donc une superficie de 1 623 kilomètres. Pendant les grandes marées, la mer se trouve au plus bas de 6 heures à 9 heures du matin et de

6 heures à 9 heures du soir, ce qui n'est guère commode pour les excursions lointaines.

Les côtes sont très découpées; tantôt ce sont les falaises qui descendent à pic dans la mer, tantôt des dunes de sable qui sont à peine plus élevées que le niveau de l'eau.

La côte nord-est de l'île peut se classer dans cette dernière catégorie; il n'y a pas de falaises à escalader. — On a devant soi une grève de sable presque unie qui, pendant les grandes marées, découvre çà et là des groupes de rochers. Cette grève s'étend depuis Castillo jusqu'à la jetée de Las Palmas. Sur cette étendue, qui embrasse 3 kilomètres, la flore marine est aussi variée qu'abondante.

Je commence par Castillo. Cette vieille tour, qui fait face à la pointe de la jetée de la Luz, a pour base un groupe de rochers assez considérable, très riche en Algues. Si je citais toutes les espèces que j'y ai cueillies, la liste en serait trop longue. Je ne nommerai que les principales. Le *Griffithsia tenuis* s'y trouve en grande quantité, ainsi que l'*Anadyomene stellata*. C'est là aussi que j'ai cueilli le *Vickersia* pour la première fois.

En avançant du côté de Las Palmas, on arrive à un petit plateau rocheux en face de l'hôtel Métropole, qui ne découvre que pendant les très basses marées. Ce n'est qu'un petit point, et cependant on y trouve quelques bonnes choses : le *Griffithsia Schousboei* et le *Dasya Wurdemanni* en abondance.

A quelques pas plus loin, il y a un autre petit groupe de rochers qui a aussi sa végétation propre. C'est là que l'on trouve, pendant les grandes marées, le *Dictyota ligulata* et le *Griffithsia opuntioides*.

En bas de l'hôtel Santa Catalina, à 2 kilomètres environ de Las Palmas, commence une série de rochers dont la végétation varie infiniment. Chaque groupe semble avoir sa flore distincte. Pendant les très basses marées cette côte abonde en *Pterocladia capillacea*, *Chrysymenia uvaria*, *Caulerpa prolifera*. Le *Caulerpa crassifolia* y est plus rare, mais on le ren-

contre de temps en temps. A deux reprises j'ai cueilli du *Wrangelia Argus* et, dans les plus basses marées, la mer découvre une flaque profonde remplie de *Zonaria flava*. Le long de cette grève les roches sont couvertes de *Jania* entremêlée de *Pterosiphonia pennata*. A la jetée de Las Palmas la série de rochers s'arrête.

Au delà de Las Palmas la végétation change un peu d'aspect. Le terrain devient vaseux, les égouts de la ville se déversant de ce côté. Les flaques sont tapissées de *Corallina mediterranea*, d'*Ulva Lactuca* à mi-marée. A basse mer on trouve par-ci par-là le *Vickersia* et l'*Herposiphonia secunda* en grande abondance.

Encore 1 kilomètre de marche, et par une grève de galets on arrive au Castillo San Cristoballo, une autre vieille tour plantée sur un rocher battu par la mer. C'est là que j'ai trouvé le *Phyllophora gelidioides*.

Sur le chemin de Telde, à 3 kilomètres de Las Palmas, il y a quelques rochers qui ne sont pas trop mauvais. Je suis arrivée là un jour au moment où l'on tirait la senne. Toute la population des environs y était assemblée, hommes, femmes et enfants. — Pour eux la pêche a été médiocre ; moi, j'ai eu la chance de prendre possession de six beaux exemplaires d'*Udotea* (*Rhipilia*) *tomentosa*, ramenés par ces filets et laissés sur le sable par les pêcheurs.

Une excursion très intéressante à faire, c'est d'aller à Bañadero, sur la côte nord de la Grande Canarie — cinq heures de voiture pour le moins. La côte est sauvage, hérissée d'immenses rochers. Au premier abord, devant ces masses grises, sans aucune trace apparente de végétation, on est pris de découragement. Ce n'est qu'un moment. En examinant de plus près ces roches, on aperçoit des crevasses formant de véritables flaques dont quelques-unes sont assez profondes. On n'a que la peine d'y descendre pour faire une belle récolte de *Gelidium*, de *Fucus platycarpus*, de *Gracilaria armata*, etc. La végétation, par son caractère, semble appartenir aux mers plus froides.

Le côté le plus riche par sa flore algologique est la baie de Confital; elle peut être le but d'excursions innombrables, sans que l'on puisse arriver à en épuiser toutes les richesses.

A droite de la baie, à l'abri de l'Isleta se trouvent les rochers de Confital; pour s'y rendre par Guevas, on prend la route qui monte au phare, on enfile un chemin qui serpente le long de la falaise et on finit par descendre sur un plateau de rochers sillonné par de profondes crevasses, où la mer s'engouffre avec fracas. A mi-marée, on peut cueillir dans les flaques le *Griffithsia furcellata*, le *Polysiphonia erythræa*, l'*Hormothamnion enteromorphoides*, etc.; dans les basses marées on recueille le *Lyngbya majuscula*, le *Derbesia penicillum*, le *Liagora elongata*.

En continuant jusqu'au nord-ouest de l'Isleta, on traverse toute une série de petites baies peu riches en Algues. Les rochers sont trop battus pour que l'on puisse y faire une récolte, même médiocre.

Antera, centre de la baie de Confital, est un bon endroit pour les recherches. On y arrive de Las Palmas par le tramway à vapeur, d'où l'on descend avant d'arriver au port de la Luz. On traverse ensuite l'isthme de Guanarteme en droite ligne et au bout de 10 minutes de marche on se trouve à Antera. Le spectacle est merveilleux par une belle matinée de soleil ! La baie de Confital, d'un bleu d'azur, semble étinceler, toute baignée de lumière et, au premier plan, les rochers aux mille teintes, que la mer vient de découvrir, forment un admirable contraste avec ce lointain lumineux. Mais l'algologue ne s'arrête guère pour admirer la vue, car il sait que la marée n'attend pas et qu'il n'y a pas de temps à perdre. Ici la plage est suffisamment plate pour découvrir une grande étendue de rochers, et par-ci, par-là il y a des coins abrités, où les vagues ne viennent pas se briser. On y trouve le *Liagora viscida*, le *Liagora pulverulenta*, le *Galaxaura Decaisnei*, le *Microdictyon calodictyon* en abondance, le *Dictyota linearis*.

A mi-marée dans les grandes flaques peu profondes, on

recueille le *Dictyota Fasciola*, le *Taonia atomaria* et le *Caulerpa crassifolia*.

Si l'on passe avec un petit bateau sur le récif, c'est une végétation toute différente que l'on aperçoit. Le récif est absolument plat avec de nombreuses petites flaques, dont quelques-unes sont assez profondes. Ici il y a beaucoup de *Caulerpa Webbiana* et de *Caulerpa peltata*. Dans les très basse marées de février et mars on peut aller sur le récif à pied ; c'est alors que la mer découvre une quantité de roches excellentes, couvertes d'une belle végétation marine. Parmi les Algues qui se trouvent à la fois sur le récif et sur la bande de rochers attenant à la terre ferme, je citerai l'*Asparagopsis Delilei*, dont les superbes plumets de couleur pourpre ondulent au va-et-vient de la marée.

Je ne conseille pas aux chercheurs d'Algues de suivre la grève jusqu'au bout du côté de Tenaya. On arrive à de gros cailloux battus sur lesquels rien ne pousse.

Le dragage m'a donné d'assez bons résultats. En grattant un vieux sac que j'ai pêché dans le port de la Luz, j'ai trouvé du *Microdictyon umbilicatum ;* j'ai dragué aussi dans le port l'*Herposiphonia tenella*. En dehors de la jetée de la Luz et dans la baie de Confital, du côté de Guevas, la drague amenait de nombreux exemplaires de *Sarcomenia miniata* et d'*Hypnea musciformis*. Du reste, j'ai très peu dragué. La mer pendant les mois d'hiver était presque toujours mauvaise et les grands fonds étaient tellement infestés de *Cystosira Abies marina*, que la drague s'y prenait à chaque instant, ce qui rendait le dragage extrêmement laborieux et difficile.

Mes herborisations ont duré un peu plus de 4 mois, de novembre 1895 à mars 1896. La détermination des échantillons a été faite au Muséum d'histoire naturelle avec l'aide de Mlle Karsakoff. Dans les cas douteux nous avons eu recours aux conseils et à l'expérience de M. Bornet. Qu'il me soit permis de leur exprimer à tous deux ma plus vive reconnaissance. Je remercie aussi M. le major Reinbold, qui a eu l'amabilité de donner son avis sur le *Kallymenia*

reniformis et sur les *Enteromorpha*, et M. le professeur Falkenberg qui a bien voulu faire pour moi la détermination du *Sarcomenia miniata*.

MYXOPHYCÉES

1. ⋆ **Lyngbya majuscula** Harvey. Dans les flaques peu profondes sur les Corallinées, près de la ligne de la haute mer. AC. Castillo, Confital, Salina. De décembre à février.
   Non encore indiqué aux Canaries quoiqu'il se trouve à Tanger et au Gabon (Gomont).
2. ⋆ **Symploca hydnoides** Kütz., var. *genuina* Gomont. Dans les flaques à mi-marée. R. Confital. Janvier.
   N'a pas été mentionné aux Canaries. Croît aussi à Tanger et au Cap Vert.
3. ⋆ **Hydrocoleum lyngbyaceum** Kütz. var. α Gomont. Sur les rochers à haute mer. R. Confital. Janvier.
   Inconnu jusqu'à présent aux Canaries. Tanger (Schousbœ).
4. ⋆ **Hormothamnion enteromorphoides** Grunow. — *Sphærozyga microcoleiformis* Crouan. Sur *Spyridia* et diverses autres Algues. AR. Confital, Récif, Castillo. Novembre à février.
   Cette Algue, connue dans plusieurs îles des Antilles, n'avait pas encore été signalée aux Canaries.
5. **Rivularia bullata** Berkeley. Sur les rochers battus, à haute mer. AC. Confital. Novembre.

CHLOROSPERMÉES

6. **Ulva lactuca** L. — Sur les rochers et dans les flaques, à haute mer. Très commun sur la grève entre Las Palmas et le Castillo S. Cristoballo, probablement parce que c'est le seul endroit où il y ait un peu de vase.
7. **Enteromorpha Linza** J. Ag.? — Dans les flaques peu profondes, ou passant sur des Corallinées. R. Grève entre Las Palmas et le Castillo S. Cristoballo. Janvier.
   Cet *Enteromorpha* formait des touffes de 2 à 3 centimètres de hauteur, composées de frondes simples, filiformes à la base, s'élargissant en une lame linéaire ou cunéiforme, large de 3 ou 4 millimètres au sommet qui est obtus ou tronqué ainsi qu'on le voit dans l'*Ent. Cornucopiæ*. Mais sa couleur plus jaune et sa membrane plus délicate ne permettent pas de le réunir à cette espèce. M. le major Reinbold, qui a bien voulu l'examiner ainsi que les deux espèces suivantes, pense qu'elle pourrait appartenir à l'*Ent. Linza* f. *lanceolata*.
8. ⋆ **E. lingulata** J. Ag. — Rochers de Confital à marée haute. AR. Février.
   Nouveau pour les Canaries. Tanger (Schousbœ).
9. ⋆ **E. Hopkirkii** Mc. Calla. — Sur *Spyridia* à haute mer dans les flaques chauffées par le soleil. Castillo. AC. Janvier.
   Non indiqué aux Canaries.

10. **E. ramulosa** Hook f. **spinescens** Kütz. — Sur les rochers à mi-marée. C. Décembre.

11. ★ **Ulothrix** (Hormotrichum) **læta** Thur. — A mi-marée dans des flaques exposées au soleil, sur *Cymopolia barbata*. Décembre.
N'était encore connu que de Tanger (Schousbœ).

12. **Chætomorpha ærea** Kütz. — A marée tout à fait haute dans un filet d'eau saumâtre, à Castillo. Janvier.

13. **Cladophora prolifera** Kütz. — Sur les rochers devant l'hôtel Métropole, à marée basse. CC. Novembre à février.

14. **C. pellucida** Kütz. — En face de l'hôtel Métropole, à mer basse. AR. Janvier.

15. **C. Neesiorum** Kütz. — Grève au delà de Las Palmas. Un seul exemplaire. Janvier.

16. **C. expansa** Kütz. — A basse mer sur *Cladophora prolifera*. Rochers en face de l'hôtel Métropole.

17. **C. flexuosa** Griffiths. — Sur les rochers de l'autre côté de Las Palmas; exemplaire unique.

18. **C.** (Ægagropila) **enormis** Kütz. — Sur les rochers en bas de Las Palmas à mi-marée. C. Mars.

19. ★ **Siphonocladus tropicus** J.Ag. — A. Antera. Grève de Confital, pendant les plus grandes marées. R. Janvier.
Espèce des Indes occidentales non encore signalée aux Canaries.

20. ★ **Siphonocladus membranaceus** Bornet. — Pousse à mi-marée. AC. Castillo S. Cristoballo, à Antera. Janvier.

21. ★ **Microdictyon umbilicatum** Zanard. — Dragué dans le port de la Luz le 31 décembre. RR.
N'a pas encore été indiquée aux Canaries quoiqu'elle se trouve à Cadix et dans la Méditerranée.

22. **Microdictyon calodictyon** Decaisne. — Très commun aux grandes marées de janvier à mars. Antera, centre de la baie de Confital et à Castillo. Décembre à mars.
N'a été trouvé ni au Maroc ni au Cap Vert.

23. **Anadyomene stellata** Ag. — Recueilli au Castillo dans des flaques peu profondes en plein soleil, à marée basse. J'ai trouvé aussi quelques exemplaires sur la grève qui longe la route de Telde. AR. Février.

24. **Valonia utricularis** Ag. — Dans les creux des rochers à mi-marée. AC. Castillo et rochers en bas de l'hôtel Santa Catalina. Février.

25. **Dasycladus clavæformis** Ag. — Formant des tapis serrés, sur les rochers qui restent presque à sec à marée basse. CC. Partout.

26. **Cymopolia barbata** Lamouroux. — Abonde dans les flaques peu profondes exposées au grand soleil et se trouve partout, devant l'hôtel Métropole, à Castillo, Confital, etc. Cette Algue, d'un vert éclatant, perd sa couleur à l'état sec. Novembre à mars.
Croît aussi à Cadix et aux Indes occidentales.

27. **Acetabularia mediterranea** Lamouroux. — A mi-marée sur les rochers de Confital et aussi à Antera. AC.

28. **Derbesia Penicillum** (Bryopsis Meneghini). — A basse mer sur les rochers battus. Pousse en petites touffes d'un vert émeraude. Assez commun sur les rochers de Confital. Les exemplaires n'étant pas fructifiés, leur détermination demeure incertaine. Janvier.

29. **Bryopsis Balbisiana** Lamouroux. — Dans les flaques à mi-marée. R. Castillo.

Les exemplaires peu développés que je rapporte à cette espèce ressemblent tout à fait à la forme qui est figurée dans les *Tabulæ phycologicæ* (Vol. VI, tab. 78), de Kützing, sous le nom de *Br. penicillata.*

30. **B. plumosa** Ag. — Castillo, Bañadero, grève de Las Palmas. Février.

31. **B. hypnoides** Lamouroux? — A basse mer dans les flaques un peu profondes. AR. En face de l'hôtel Métropole. Baie de Confital. Janvier.

Les exemplaires, peu développés, semblent se rapporter à cette espèce.

32. **Caulerpa Webbiana** Montagne. — Assez commun par endroits sur le récif de Confital où il forme çà et là comme de petits tapis de Mousse. Il se trouve aussi à Salina et à Castillo. C. Février.

f. disticha. — Parmi les exemplaires chez lesquels les ramuscules sont disposés uniformément autour de l'axe on en rencontre un petit nombre dont la forme est plus délicate et dont les ramuscules sont distiques.

33. **C. prolifera** Lamouroux. — A très basse marée à Antera et sur les rochers de la grève de Las Palmas. Les racines traçantes de cette Caulerpe pénètrent dans le sable à une assez grande profondeur. J'ai aussi trouvé le *C. prolifera* dans des flaques profondes à mi-marée ; mais elle est plus petite que celle des basses marées. AC. Février.

34. **C. crassifolia** Ag. — A marée basse ; quelquefois dans les flaques à mi-marée. Rochers de Confital, grève de Las Palmas, Antera, Castillo. R. Février.

35. **C. peltata** Lamouroux. — Sur le récif de Confital où ses tiges traçantes s'enchevêtrent dans les *Jania* comme celles du *C. Webbiana*, et se cassent comme du verre. Dans l'état vivant il est d'un vert jaune clair, noircissant sur le papier. Commun sur le récif, mais rare ailleurs. Décembre, janvier.

36. **Codium adhærens** Ag. — Sur les rochers de Confital et partout. AC.

37. **C. Bursa** Ag. — Trouvé dans une seule flaque profonde aux rochers de Confital.

38. **C. elongatum** Ag. — Dans les flaques à haute mer. CC. Antera. Décembre, février.

39. ★ **Udotea tomentosa** G. Murray et Boodle. — Sur la grève près de la route de Telde. J'ai trouvé là sept ou huit exemplaires qui avaient été amenés à terre par les filets. R. Décembre.

Si ce n'est que les bords de leur fronde sont entiers et non lacérés, ces échantillons vont bien aux figures du *Rhipilia tomentosa* données par Kützing dans les *Tabulæ phycologicæ* (VIII, tab. 28). MM. G. Murray et Boodle (*Journ. of Bot.*, 1889, p. 72) placent le *Rhip. tomentosa* Kütz. dans le genre *Udotea.*

Espèce nouvelle pour les Canaries.

FUCOIDÉES

40. **Dictyota dichotoma** Lamouroux. — Dans les flaques, peu profon-

des, à mi-marée. AR. A Antera, centre de la baie de Confital. Novembre à décembre.

41. ★ **D. ligulata** J. Ag. — Rochers devant l'hôtel Métropole dans les plus basses marées. Je n'ai trouvé cette espèce que dans cet endroit; elle doit donc être assez rare. Janvier à mars.

42. **D. linearis** Ag. — A marée très basse. On le trouve aussi, rejeté par les vagues, sur la grève à Antera et sur le récif de Confital. C. Novembre à février.

43. **D. fasciola** Lamouroux. — Dans les grandes flaques peu profondes chauffées par le soleil, à Antera. Excessivement commune en novembre et décembre.

44. **Taonia atomaria** J. Ag. — Dans les flaques profondes à marée basse. Baie de Confital (Antera). CC. Décembre à février.

45. **Padina pavonia** Gaillon. — Tapisse presque entièrement les flaques peu profondes d'Antera. CC. Novembre à février.

46. **Stypopodium lobatum** Kütz. — Rejeté sur la grève devant l'hôtel Métropole et à Antera. R. Novembre à décembre.

Manque au Maroc et à Cadix.

47. **Zonaria flava** Ag. — A très basse mer, à la pointe du groupe de rochers qui se trouvent à mi-chemin entre Las Palmas et l'hôtel Métropole. R. Février.

48. **Gymnosorus variegatus** J. Ag. — Dans les creux des rochers, surtout dans les crevasses profondes. TC. Rochers de Confital, Antera. Novembre à février.

Se trouve aussi à Cadix.

49. **Dictyopteris polypodioides** Lamouroux. — Dans les trous des rochers à marée basse. C. Décembre à mars.

50. **Stypocaulon scoparium** Kütz. — Sur les rochers à basse mer. Amené par la drague et rejeté par le flot. CC. Novembre.

En très bel état de fructification.

51. **Cladostephus verticillatus** Ag. — Rochers à basse mer. CC. De décembre à février.

52. **Sphacelaria cirrhosa** Ag. — Un exemplaire unique dragué dans le port de la Luz.

53. ★ **Ectocarpus irregularis** Kütz. — Basse mer. Sur *Liagora elongata* où il croît mêlé à l'*Ect. virescens* et plusieurs Floridées épiphytes. Rochers de la baie de Confital.

54. **Ect. siliculosus** Lyngbye? — A mi-marée, dans les flaques profondes. Rochers de Confital. C. Février.

Échantillons stériles dont la détermination est incertaine.

55. ★ **Ect. virescens** Thuret. — Sur les rochers qui se trouvent en bas de l'hôtel S. Catalina. Cette espèce abonde dans l'endroit où je l'ai trouvée. Janvier, février.

56. ★ **Pylaiella fulvescens** Thuret. — Dans les flaques à marée haute. Antera, le centre de la baie de Confital. Décembre à février.

Espèce nouvelle pour les Canaries.

57. **Asperococcus bullosus** Lamouroux. — Dans les flaques peu profondes, à mi-marée. Castillo.

58. **Scytosiphon Lomentaria** J. Ag. — Groupe de rochers en bas de l'hôtel S. Catalina, à mi-marée, dans une seule flaque. Février, mars.

59. **Colpomenia sinuosa** Derb. et Sol. — A basse marée, Antera, et sur le récif de Confital. C. Décembre et janvier.

60. **Fucus platycarpus** Thuret, f. **nana** (*Fucus limitaneus* Montagne). — Sur le haut des rochers à mer presque haute. Au Castillo S. Cristoballo et à Bañadero, village de pêcheurs sur la côte Nord de la Grande Canarie. Assez commun dans cet endroit en janvier et février.

61. **Cystosira Abies marina** Ag. — Tout à fait au bas de l'eau dans les plus basses marées et jusque dans les grandes profondeurs. Ce *Cystosira* est aussi abondant aux îles Canaries que les *Fucus* sur les côtes septentrionales. CCC.

62. **Cystosira discors** Ag. — A mer très basse, dans les creux des rochers, quelquefois rejeté à la côte. Novembre à février.
Les exemplaires récoltés sont très jeunes.

63. **Sargassum linifolium** Ag., var. *amygdalifolium* (Montagne). A mer très basse, dans les creux des rochers. Novembre à février. On le trouve souvent rejeté par les vagues.
Les exemplaires récoltés sont stériles.

64. **Sargassum vulgare** Ag., var. *megalophyllum* (Montagne). — A mer très basse. Récolté sur place ou ramassé sur la grève. Janvier, février.
var. **diversifolium** Ag. — Rejeté par la mer. Novembre.

65. **Sargassum Desfontainesii** Ag. — Rejeté par la mer. Les plus jeunes exemplaires sont cueillis dans les crevasses des rochers à basse mer. Novembre à février.

FLORIDÉES

66. ⋆ **Porphyra leucosticta** Thuret. — Un seul exemplaire ramené par la drague.
N'a pas encore été indiqué aux Canaries.

67. **Chantransia Saviana** Ardissone (*Callithamnion Nemalionis* De Not.). — Sur le *Liagora elongata*. Baie de Confital.
Se trouve dans le golfe de Gascogne (Herb. Thuret) et dans la Méditerranée sur le *Nemalion lubricum*.

68. **Liagora viscida** Ag. — A marée basse. Antera et sur le récif de Confital. CC. Novembre à février.

69. ⋆ **Liagora pulverulenta** Ag. — Se trouve aussi à marée basse à Antera et sur le récif de Confital. Moins commun que le *L. viscida*. Novembre à février.
Plante des Indes occidentales non signalée aux Canaries.

70. **Liagora elongata** Zanardini. — A basse mer. Castillo et dans les profondes crevasses formées par les rochers de la baie de Confital. AC. Novembre à février.

71. **Scinaia furcellata** Bivona. — A basse mer. Antera. Un seul exemplaire.

72. **Galaxaura Decaisnei** J. Ag. — A basse mer. Antera et le récif de Confital. CC. Décembre à février.

73. **Actinotrichia lapidescens** Schmitz. — Mi-marée. Antera. CC. Novembre à février.

74. **Wrangelia Argus** Montagne. — Sur les rochers en bas de l'hôtel S. Catalina et à Castillo. R. Décembre et janvier.

75. **Gelidium crinale** Lamouroux. — Mi-marée et basse mer. Rochers en bas de l'hôtel S. Catalina et rochers de Confital. AC.

76. ⋆ **G. pusillum** Le Jolis. — Je ne l'ai recueilli qu'à Bañadero à haute mer.

Non indiqué aux Canaries.

77. **G. corneum** Lamouroux. — Haute mer dans les crevasses des grands rochers. Bañadero, Castillo S. Cristoballo. Janvier.

78. **G. pectinatum** Montagne. — Mêlé au *Fucus platycarpus* à mer presque haute. Bañadero. Un seul petit exemplaire.

79. **G. Arbuscula** Bory. — Dans les flaques formées par les crevasses des rochers. Bañadero. AR. Mars.

80. **Pterocladia capillacea** Bornet. — Sur la grève rocheuse qui s'étend depuis le bas de l'hôtel S. Catalina jusqu'à la jetée de Las Palmas dans les plus grandes marées. CC. Novembre à mars.

81. ⋆ **Phyllophora gelidioides** Crouan. Mscr. (*Gelidium ligulatonervosum* Crouan). — Dans les flaques du Castillo S. Cristoballo. RR. Janvier.

Plante de la Guadeloupe. Nouvelle pour les Canaries.

82. ⋆ **Callymenia reniformis** Ag. ? — Basse mer, à l'ombre des rochers. Castillo et tout le long de la côte, depuis le bas de l'hôtel S. Catalina jusqu'à la jetée de Las Palmas. C. Novembre à février.

Les plantes étaient encore peu développées, stériles, de sorte que la détermination spécifique n'est pas tout à fait sûre. Non indiqué aux Canaries.

83. **Sphærococcus coronopifolius** Ag., forma **gracilior**. — Rejeté par la mer en assez grande quantité dans la petite baie d'Antera à Confital. Novembre à février.

84. ⋆ **Gracilia armata** J. Ag. — Dans les crevasses des grands rochers. Bañadero. R. Février.

Espèce non encore indiquée aux Canaries, bien qu'elle se trouve à Madère et au Maroc.

85. **Hypnea musciformis** Lamouroux. — Rejeté par les vagues ou accroché en draguant. AR. Novembre à janvier.

86. **Rhodymenia Palmetta** Greville. — Mi-marée, groupe de rochers au bas de l'hôtel S. Catalina. R. Février.

87. **Chrysymenia uvaria** J. Ag. — A très basse mer, dans les creux des rochers, à Antera, et en grande abondance sur la grève de Las Palmas. Février, mars.

88. **Lomentaria articulata** Lyngbye. — A Castillo, au mois de mars. Un seul exemplaire.

89. **Champia parvula** Harvey. — Dragué dans le port de la Luz un très misérable exemplaire.

90. **Plocamium coccineum** Lyngbye. — A marée très basse. Se trouve à Antera et sur la grève de Las Palmas. CC. De novembre à mars.

91. **Falkenbergia**..... Schmitz. (*Nitophyllum*? *confervaceum* Berthold; *Polysiphonia Hillebrandii* Bornet). — Sur les Corallines et autres Algues croissant à Antera, aux rochers de Confital, à Castillo, Salina, etc. CC. De novembre à février.

92. **Nitophyllum uncinatum** J. Ag. — A marée basse sur les rochers en bas de l'hôtel Santa Catalina. Février.

93. **Delesseria Hypoglossum** Lamouroux. — A marée basse sur les rochers de l'hôtel S. Catalina. PC. Bañadero.

94. ⋆ **Sarcomenia miniata** Ag. — Rejeté par la mer ou dragué par six à dix mètres de profondeur en face de l'hôtel Métropole, en dehors de

la jetée de la Luz et dans la baie de Confital. J'en ai cueilli deux petits exemplaires à Antera et sur la grève de Las Palmas. C. De novembre à février.

Nouveau pour la flore canariennne. Se trouve à Cadix.

95. **Asparagopsis Delilei** Montagne. — A marée très basse. Pousse au milieu de flaques profondes en pleine exposition du soleil. Les plus grands exemplaires qui ont de 20 à 28 centimètres de haut viennent d'Antera et du récif de Confital; les autres plus petits ont été recueillis sur les rochers devant l'hôtel Métropole. AC. De novembre à février.

96. **Laurencia obtusa** Lamouroux. — A basse mer. Récif de Confital, grève près de la route de Telde à Castillo S. Cristoballo. AC. Mars.

97. **Rytiphlæa tinctoria** Ag. — A marée basse, à Bañadero. CC. Février.

98. **Halopithys pinastroides** Kütz. — Rejeté par les vagues. AC. Novembre, décembre.

99. **Alsidium corallinum** Ag. — Tapisse plusieurs flaques peu profondes à mi-marée à Castillo et Castillo S. Cristoballo. C. Décembre à février.

100. ⋆ **Polysiphonia simpliciuscula** Crouan. — Rochers près de Las Palmas. Mars. Exemplaires très jeunes.

Espèce nouvelle pour les Canaries.

101. **P. macrocarpa** Harvey? (*P. pulvinata* auct. plur.). — Mi-marée. Grève située entre le Castillo S. Cristoballo et Las Palmas. Décembre-janvier.

102. **P. erythræa** J. Ag. — Dans des petites flaques à marée haute. Rochers de Confital. Février. Parmi les exemplaires il y en a de magnifiquement fructifiés.

103. **P. furcellata** Harvey. — A mi-marée. Castillo. Février.

La plante est encore peu développée à cette époque de l'année.

104. **Polysiphonia** (Pterosiphonia Falkenberg) **pennata** J. Ag. — Basse mer, le long de la grève, depuis le bas de l'hôtel S. Catalina jusqu'à la jetée de Las Palmas. C. Février, mars.

105. **Dasya** (Lophocladia Schmitz) **trichoclados** J. Ag. — La plus commune de toutes les Algues à la Grande Canarie et en même temps une des plus jolies. Rejetée par la mer en immense quantité. On la trouve aussi dans presque toutes les flaques, à marée très basse, sur le récif de Confital et ailleurs. De novembre à avril. Beaucoup d'échantillons portent des tétraspores.

Espèce commune aux Antilles et aux Canaries.

106. **Dasya Wurdemanni** Bailey. — Croît sur diverses Algues, surtout sur des Corallinées. CC. Partout de novembre à mars.

107. ⋆ **D. ocellata** Harvey. — Recueilli une fois seulement en bas de l'hôtel S. Catalina, à marée basse. Février. N'a pas encore été signalé aux Canaries, bien qu'il se trouve au Maroc.

108. **D. Arbuscula** Ag. — A marée presque haute, dans les crevasses des grands rochers de Bañadero. R.

109. **Herposiphonia tenella** Schmitz (*Polysiphonia tenella* J. Ag.). — Dragué dans le port de la Luz. R. Mars.

110. **H. secunda** (*Polysiphonia secunda* Montagne). — A marée basse, sur la grève qui se trouve entre Las Palmas et le Castillo S. Cristo-

ballo. Elle croît sur les Corallinées, principalement sur le *Corallina officinalis*. AC. Janvier-février.

111. ★ **Spondylothamnion multifidum** Nægeli. — Dragué dans le port de la Luz. Mars.

Espèce non encore indiquée aux Canaries.

112. ★ **Spermothamnion gorgoneum** Bornet in herb. (*Callithamnion gorgoneum* Montagne). — Sur *Codium elongatum*, à mi-marée dans les grandes flaques peu profondes d'Antera, baie de Confital. AC. dans cet endroit de novembre à janvier.

Plante des Antilles et du Cap Vert, nouvelle pour les Canaries. Je ne l'ai trouvée que stérile.

113. ★ **S. Turneri** Areschong. — Dragué dans le port de la Luz. Mars.

N'avait pas encore été rencontré aux Canaries.

114. **Griffithsia barbata** J. Ag. — Exemplaire unique dragué dans le port de la Luz. Mars.

N'est pas cité parmi les Algues du Maroc ni de Cadix.

115. **G. Schousbœi** Montagne. — A marée très basse, devant l'hôtel Métropole. AC. De décembre à mars.

116. **G. phyllamphora** J. Ag. — A basse marée, en face de l'hôtel Métropole et sur la grève de Confital. Exemplaires presque tous fructifiés. PC. Novembre à février.

117. **G. opuntioides** J. Ag. — A basse mer, sur toute la grève depuis Castillo jusqu'à la jetée de Las Palmas. AC. Novembre à mars.

118. ★ **G. tenuis** Ag. — A marée très basse, sur des cailloux battus par les vagues. Castillo, où elle pousse en grande quantité, donnant une teinte rosée aux pierres qu'elle recouvre. Je ne l'ai pas trouvée ailleurs. Décembre-janvier.

Nouveau pour la Flore des Canaries.

119. **G. furcellata** J. Ag. — N'a été trouvée en abondance que dans un seul endroit et même dans une seule flaque, à marée presque haute aux rochers de Confital. Cette Algue poussait sous un grand rocher dont elle tapissait toute la partie inférieure. Malheureusement les exemplaires ne portent aucune fructification. Janvier à mars.

120. ★ **Vickersia canariensis** Karsakoff. — Dans une flaque élevée, à la face inférieure d'un rocher saillant. Grève de Confital. Castillo. Février.

Cette Algue est nouvelle.

121. ★ **Monospora pedicellata** Solier. — Cueilli à Antera. Exemplaire unique. Mars.

Non signalé aux Canaries.

122. ★ **Callithamnion corymbosum** Lyngbye. — Un seul exemplaire dragué dans le port de la Luz. Janvier.

Non signalé aux Canaries.

123. ★ **Callithamnion byssoides** Arnott, var. **arachnoideum** — Dragué dans le port de la Luz. Décembre.

Quoiqu'elle existe au Maroc, cette espèce n'avait pas été signalée aux Canaries.

124. ★ **Callithamnion gallicum** Naegeli? — A basse marée, en bas de l'hôtel Santa Catalina. Février.

Nouveau pour la Flore des Canaries.

125. **Spyridia filamentosa** Harvey. — A haute mer, dans les flaques

peu profondes exposées au grand soleil et dont l'eau est presque saturée. Rochers de Confital. C. Novembre à mars.

126. **Ceramium echinotum** J. Ag. — Sur les rochers battus de Confital. C. en mars.

127. **Ceramium** (Centroceras) **clavulatum** Ag. — Sur la grève entre Las Palmas et le Castillo S. Cristoballo. R. Janvier.

128. **Grateloupia dichotoma** J. Ag. — A basse mer, dans les flaques peu profondes sur la grève de Las Palmas et en bas de l'hôtel San Catalina. AR. Février.

129. **Nemastoma canariensis** J. Ag. — Dans une flaque enfoncée sous les rochers à l'abri de la lumière, Antera, Confital. RR. Février.

130. **Melobesia corticiformis** Kützing. — Sur le *Pterocladia capillacea* au fond des flaques profondes de Confital. C.

131. **Melobesia pustulata** Lamouroux. — Sur *Pterocladia capillacea*. Grève de Las Palmas.

132. ⋆ **Lithotamnion incrustans** Philippi. — Rochers de Confital. Non signalé aux Canaries.

133. ⋆ **Lithotamnion crassum** Philippi. — A mi-marée, rochers de Confital.

Non signalé aux Canaries.

134. **Corallina mediterranea** Areschong. — A mi-marée et à basse mer, sur les rochers entre Las Palmas et le Castillo S. Cristoballo. CC.

135. **Jania granifera** Decaisne. — Mi-marée. Sur les rochers et diverses Algues.

136. **Jania rubens** Lamoureux. — A mi-marée, sur diverses Algues. Rochers devant l'hôtel Métropole. C. Janvier.

RECHERCHES

SUR LE

MODE DE FORMATION DES TUBES CRIBLÉS

DANS LA RACINE DES MONOCOTYLÉDONES

Par M. G. CHAUVEAUD

INTRODUCTION

Les tubes criblés ont été l'objet de nombreux travaux, mais ce sont surtout les tubes criblés des formations secondaires qui ont été étudiés, et, dans les mémoires spéciaux, on ne trouve à peu près aucun renseignement concernant les tubes criblés primaires. C'est ainsi que l'un des auteurs qui ont le plus contribué à nous faire connaître ces éléments, déclare qu' « il ne lui a pas été donné de reconnaître le mode de développement des tubes primaires qui se forment aux dépens des cellules procambiales » (1).

Dans le présent travail, nous étudions le mode de formation des tubes criblés primaires, dans la racine des Monocotylédones, empruntant à la plupart des familles de cette classe les sujets de nos observations.

Nous insistons particulièrement sur le développement des premiers de ces tubes criblés primaires, parce qu'ils consti-

(1) Janczewski, *Études comparées sur les tubes cribreux* (Ann. des sc. nat., 6e série, t. XIV, p. 112).

tuent l'élément le plus caractéristique du faisceau libérien. C'est pour cette raison que les figures qui accompagnent ce mémoire représentent presque toutes l'état le plus favorable à l'observation de ces premiers tubes. Cet état correspond à une phase spéciale de l'évolution de tout tube criblé, phase qu'en raison de son importance nous avons cru devoir distinguer sous le nom de phase de *différenciation maximum* (1).

Il est d'usage de marquer conventionnellement les tubes criblés pour les distinguer des cellules du conjonctif avec lesquelles on peut d'ordinaire les confondre. Nous n'avons pas employé ce procédé et nos figures sont la représentation exacte par la gravure des photographies obtenues directement sur les coupes. L'épaississement et la coloration de la membrane de ces tubes qui les font reconnaître si aisément à première vue, sont mis en évidence par un traitement très simple que nous avons déjà indiqué (2).

MONOCOTYLÉDONES

Graminées. — Cette famille a été étudiée d'abord par M. Van Tieghem, en 1871, puis plus spécialement par M. Klinge, qui résume ainsi (3) le mode de formation du faisceau libérien : « Dans une racine jeune apparaissent en de nombreux points également espacés des cellules peu épaissies, de forme pentagonale ou carrée, qui sont les premières cellules du protophloème. Ces cellules sont généralement entourées vers l'intérieur par deux cellules allongées radialement, pentagonales ou carrées, qui sont protégées par une cellule plus grande polygonale. La différenciation de ces cellules est centripète. Plus tard, par division tangentielle des deux cellules, et par division radiale de la plus grande, il se fait jusqu'à huit cellules, et toujours la première cellule pentagonale demeure distincte vers l'extérieur,

(1) Comptes rendus de l'Ac. des sc., t. CXXV, p. 546, 1897.
(2) *Loc. cit.*
(3) Klinge, Mém. Acad. des sc. de St-Pétersbourg, t. XXVI, 1879.

tandis que vers l'intérieur se trouve un tube criblé. Tel est le schéma d'un faisceau libérien. M. Van Tieghem (1) fait dériver le faisceau entier de la division d'une cellule pentagonale ; je n'ai pas fait d'observations à ce point de vue. Mais s'il prend la première cellule de protophloème pour la cellule mère, je puis affirmer que j'ai toujours vu cette cellule présenter une valeur égale à celle des trois autres. »

Depuis la publication de M. Klinge, nous avons indiqué la véritable nature de cette cellule et établi les divers degrés de parenté qui lient entre eux les éléments du faisceau libérien (2). Nous allons compléter ces résultats, en suivant toutes les phases du développement dans un certain nombre de plantes appartenant aux différentes tribus de la famille des Graminées.

Triticum sativum (fig. 1, 2 et 3, pl. IV). — Si l'on fait une coupe transversale très près du sommet d'une racine de Blé, on voit que le cylindre central ou stèle diffère par la forme de ses cellules de la portion corticale qui l'entoure. Les cellules de la stèle sont assez régulièrement polygonales, tandis que les cellules de l'écorce sont notablement aplaties dans le sens du rayon, et disposées en séries radiales assez régulières. Au centre de la stèle une cellule grandit de suite beaucoup plus que les autres en même temps qu'elle s'arrondit (3). Cette cellule est un vaisseau que nous appellerons *vaisseau médullaire* pour le distinguer des autres vaisseaux situés à la périphérie de la stèle et qui se différencient beacoup plus tard. Autour de ce vaisseau axile, il y a quatre assises concentriques de cellules polygonales dont l'externe est le péricycle. Toutes les cellules constituant ces assises demeurent quelque temps semblables, mais

(1) Van Tieghem, *Sur la symétrie de structure des plantes vasculaires* (Ann. des sc. nat., 5e série, t. XIV, p. 140, 1871).

(2) *Sur le développement du faisceau libérien de la racine des Graminées* (Bull. du Mus. d'Hist. Nat., 1895, p. 209).

(3) Quand il ne sera pas fait de mention spéciale, les indications de forme des éléments se rapporteront toujours à leur description faite sur des coupes transversales.

bientôt une certaine différenciation se fait parmi elles, différenciation qui aboutit d'abord à la constitution des premiers tubes criblés. Cette différenciation s'accomplit de la manière suivante : Une cellule de l'assise sous-péricyclique grandit, puis se divise par une cloison radiale en deux cellules filles ; de ces deux cellules filles, l'une (*a*, fig. 1), se modifie peu, tandis que sa sœur grandit, puis se divise par une nouvelle cloison, qui au lieu d'être radiale comme la précédente est inclinée de 45° sur cette direction (*c*, fig. 1). Il en résulte la formation de deux nouvelles cellules (*t* et *a'*, fig 1), dont l'une (*t*) va évoluer rapidement en tube criblé. Ce dernier élément grandit un peu et acquiert une forme losangique tout à fait caractéristique. En se modifiant ainsi il repousse la cellule *a* et s'insinue de telle façon que les deux cellules *a* et *a'* se trouvent symétriquement disposées par rapport à lui ; comme d'autre part les deux cellules (*a* et *a'*, fig. 2), sont devenues semblables entre elles, il est désormais impossible de distinguer celle qui est la sœur du tube criblé (1). Ce que nous venons de décrire pour une cellule de l'assise sous-péricyclique s'accomplit à la fois dans plusieurs cellules de la même assise ; il y a d'ordinaire huit cellules également espacées qui se comportent ainsi, donnant huit tubes criblés semblables et pareillement disposés par rapport aux cellules voisines.

Chacun de ces tubes criblés est emboîté, vers l'intérieur par les deux cellules *a* et *a'* (fig. 1 et 2) dont nous avons dit l'origine, et vers l'extérieur par deux cellules péricycliques qui sont de taille un peu plus grande que les autres cellules de la même assise. A ce moment, l'assise péricyclique est

(1) Cette disposition symétrique des deux cellules libériennes, par rapport au premier tube criblé, est liée à la direction de la cloison qui divise la cellule mère du tube criblé. Parfois il peut arriver que cette cloison ait une orientation différente et qu'au lieu d'être inclinée de quarante-cinq degrés sur le plan diamétral passant par l'axe du tube, elle soit perpendiculaire à ce plan, c'est-à-dire tangentielle ; dans ce cas, le premier tube criblé est exactement superposé à sa cellule sœur et comme cette disposition peut subsister plus ou moins longtemps, on peut distinguer aisément la cellule sœur de la cellule libérienne.

continue et simple dans toute son étendue ; ce n'est que plus tard qu'elle subira en face des faisceaux ligneux certaines modifications que nous signalerons ultérieurement.

Peu après leur formation, les tubes criblés subissent une différenciation particulière, leur membrane acquiert un épaississement très marqué et sur leurs parois transversales se forment les nombreuses ponctuations qui constituent le principal caractère des tubes criblés.

Ces ponctuations sont réparties uniformément sur toute la cloison transversale et leur nombre est de vingt environ. En même temps que leur membrane s'épaissit elle subit aussi une modification dans sa nature, modification que l'on met en évidence très nettement en employant comme réactif le brun Bismarck.

Sous l'influence de ce réactif, la membrane du tube criblé présente à ce moment une coloration foncée très intense et se distingue au premier coup d'œil des autres membranes demeurées minces et peu colorées. Cette modification a une durée très courte ; bientôt après la membrane redevient mince et le brun Bismarck ne lui donne plus qu'une coloration semblable à celle des autres cellules. Aussi est-ce surtout pendant cette période qu'il convient d'étudier les tubes criblés, car à aucune autre phase de leur vie ils ne prennent un aspect aussi caractéristique. Pour bien indiquer l'importance de cette phase de l'évolution des tubes criblés, j'ai proposé récemment (1) de la distinguer en l'appelant *phase de différenciation maximum*. Cette phase a une durée très courte comme je viens de le dire ; elle s'établit, pour les tubes criblés en question, à un millimètre environ du sommet de la racine et subsiste sur une longueur très faible, de telle sorte que sur les coupes faites à deux ou trois millimètres du sommet on n'en constate plus les caractères. Tel est le mode de formation du tube criblé externe que nous appellerons désormais le *premier tube criblé*.

(1) *Loc. cit.*

pour le distinguer des tubes criblés internes qui se différencient ultérieurement.

En ce qui concerne les deux cellules *a* et *a'* qui emboîtent vers l'intérieur le tube criblé, nous les appellerons simplement des *cellules libériennes*, car si l'une d'elles seulement mérite le nom de cellule compagne, en raison de son origine, on ne saurait, après les premiers états du développement, établir entre elles aucune différence. Nous avons fait remarquer ailleurs (1) que l'expression de cellule compagne ne pouvait s'appliquer avec sa définition ancienne au cas que nous étudions en ce moment. Ces deux cellules libériennes conservent toujours leur membrane mince, à aucun moment cette membrane ne présente de coloration plus foncée, et jamais elle n'acquiert de ponctuations.

En dedans de ces deux cellules libériennes on peut voir, et cela très près du sommet de la racine, une cellule (*t'*, fig. 1) qui est d'abord en tout semblable aux autres cellules du méristème terminal, et qui tardivement, évolue en tube criblé. Mais ce tube criblé interne ou *second tube criblé* a un développement direct et sa cellule mère déjà distincte dans le méristème se transforme en tube criblé sans se diviser. Cette cellule mère correspond d'ordinaire exactement aux deux cellules libériennes, mais pendant très longtemps elle ne présente aucun caractère particulier qui puisse la faire distinguer des cellules voisines, comme on le voit en (*t'* fig. 2). A une certaine distance du sommet de la racine, la membrane de ce second tube criblé s'épaissit et acquiert les propriétés particulières (*t'*, fig. 3) qui caractérisent la phase de différenciation maximum, tandis que les ponctuations des cloisons transversales deviennent nettement distinctes. Comme le second tube criblé est de plus grande taille que le premier, les cribles sont d'un examen plus facile ; en outre, ces cribles demeurent bien visibles pendant toute la durée de la racine, alors que ceux du premier tube deviennent

(1) *Loc. cit.*

peu distincts après la phase de différenciation maximum. C'est sans doute à cause de cette double particularité que ce second tube criblé a été signalé comme tel par tous les auteurs précédents, pendant que le premier est resté méconnu.

Parfois, la cellule mère du second tube criblé, au lieu de demeurer simple, se dédouble dès l'origine en deux cellules filles, mais alors ces cellules évoluent pareillement en tubes criblés (*t''*, fig. 3), et dans ce cas, ces deux tubes sont accolés l'un à l'autre et chacun d'eux a une taille inférieure à celle des autres tubes demeurés simples.

En résumé, le faisceau libérien de la racine du Blé se compose d'un premier tube criblé (*t*), de deux cellules libériennes (*a*, *a'*) et d'un second tube criblé (*t'*). Cette constitution se présente avec une constance très grande et ces éléments affectent dans leur disposition une régularité remarquable, ainsi qu'on en peut juger par l'examen des figures qui sont la représentation exacte des choses, puisqu'elles ont été obtenues par la photographie.

Pendant que le faisceau libérien se constitue ainsi, le faisceau ligneux se différencie de la manière suivante : Après la différenciation du premier tube criblé, on peut reconnaître aisément le premier vaisseau formé (*v*, fig. 2) qui grandit plus que les éléments voisins, mais épaissit seulement beaucoup plus tard sa membrane. La cellule péricyclique superposée à ce premier vaisseau se comporte diversement ; le plus souvent elle se dédouble tangentiellement, d'autres fois elle demeure simple. Dans le cas où elle se dédouble, tantôt les deux cellules superposées se différencient en vaisseaux, tantôt la cellule interne seule évolue en vaisseau ; quand elle ne se dédouble pas, la cellule péricyclique se transforme d'ordinaire en un vaisseau étroit et arrondi comme les précédents.

Hordeum murinum (1). — Sur une racine issue de l'em-

(1) M. Janczewski a figuré les premiers tubes criblés dans l'*Hordeum vulgare ;* il est vrai que leur disposition par rapport aux cellules voisines est inexacte,

bryon, on trouve un vaisseau médullaire axile et sept faisceaux ligneux alternant avec autant de faisceaux libériens; sur une autre racine d'ordre quelconque, on rencontre treize faisceaux ligneux, et huit vaisseaux médullaires placés deux côte à côte au centre, les autres suivant un cercle irrégulier sans rapport avec les faisceaux du bois. Cela montre une fois de plus que le nombre des faisceaux est très variable chez la même plante et qu'il en est de même en ce qui concerne le nombre et qui plus est l'arrangement des vaisseaux médullaires. Au contraire, dans les deux exemples la composition du faisceau libérien est la même et son développement s'effectue de la même façon.

Le péricycle forme à la périphérie de la stèle une bande très ondulée du côté interne. En effet, très réduit, parfois même interrompu, en face des faisceaux ligneux, il présente ailleurs des cellules assez grandes et un peu allongées radialement, tandis que les deux cellules adossées au premier tube criblé sont plus courtes, formant une dépression séparée par une saillie arrondie de la dépression plus marquée qui est en face du vaisseau ligneux. C'est dans la faible dépression formée par ces deux cellules péricycliques que se loge le premier tube criblé; sa forme est losangique, mais son grand diamètre est tangentiel, sa lumière demeure bien distincte. Les deux cellules libériennes emboîtent complètement sa moitié interne et ne dépassent guère son plus grand diamètre tandis qu'elles sont un peu plus larges que les cellules voisines du rayon. Le second tube criblé se développe directement en dedans de ces deux cellules, et comme son diamètre est à peu près égal au leur et que sa paroi offre peu d'épaisseur, il est assez peu distinct comme tel. C'est surtout à l'aide du premier tube criblé que l'on peut à toute époque reconnaître à coup sûr le faisceau criblé, car il demeure toujours avec son aspect très caractéristique.

toutefois les auteurs récents ne paraissent pas avoir tenu compte de son interprétation (Ann. des sc. nat., 5e série, t. XX).

Brachypodium pinnatum (fig. 4, pl. IV). — Dans cette plante le premier tube criblé (*t*, fig. 4) se forme comme dans les précédentes, mais les premiers stades de son développement sont assez peu distincts. Cela tient à la petitesse des éléments et aussi à la constitution particulière du péricycle.

Le péricycle, en face du premier tube criblé, allonge beaucoup ses cellules dans le sens radial; ailleurs, ses cellules s'allongent aussi dans le même sens, mais elles se divisent de façon à donner deux (et plus souvent trois) assises disposées irrégulièrement. Ces cellules péricycliques sont susceptibles d'épaissir leur paroi, elles demeurent étroitement serrées les unes contre les autres sans aucun méat, formant à la périphérie de la stèle un anneau caractéristique.

Le premier tube criblé, encastré à la face interne des deux cellules péricycliques très allongées suivant le rayon, est nettement losangique et bien visible lors de sa différenciation maximum, mais plus tard il est moins facile de le distinguer, car il devient le plus petit de tous les éléments de la stèle.

Les cellules libériennes (*a*, *a*) qui emboîtent la moitié interne de ce tube criblé demeurent toujours plus grandes que lui, mais leur paroi ne s'épaissit pas. En dedans de ces deux cellules libériennes, le second tube criblé (*t'*) se différencie à son tour; il acquiert un diamètre supérieur à celui des cellules libériennes et sa paroi devient un peu plus épaisse.

Telle est la constitution du faisceau libérien qu'on rencontre dans le *B. pinnatum*; on voit qu'elle est semblable à celle que nous avons trouvée dans le Blé, mais souvent cette constitution typique du faisceau libérien est modifiée par une division des éléments qui en masque l'arrangement primitif. En effet, l'une ou l'autre des cellules libériennes, et même les deux à la fois se divisent assez fréquemment; il en est de même d'ailleurs de la cellule mère du tube criblé interne, de telle sorte que sur une coupe transversale, on peut toujours rencontrer, à côté d'un faisceau libérien typique, d'autres faisceaux où il y a plus de deux

cellules libériennes et en dedans desquelles se trouvent plusieurs tubes criblés.

Nous pouvons remarquer que la tendance à la multiplication des éléments est manifestée à la fois par le péricycle et par le liber ; nous retrouverons ailleurs cette même tendance s'accusant de la même manière.

Agropyrum repens. — C'est très près de l'extrémité de la racine que l'on voit naître le premier tube criblé. Comme dans le Blé, il est détaché par une cloison longitudinale faisant avec le plan diamétral un angle de 45° environ. A ce moment le péricycle est simple et continu ; mais tandis que les cellules adossées au tube criblé grandissent en demeurant simples, les autres cellules péricycliques se dédoublent par une cloison tangentielle. D'ordinaire les deux cellules péricycliques qui emboîtent l'angle externe du tube criblé demeurent seules indivises, mais quelquefois leurs voisines aussi demeurent indivises et l'on peut avoir jusqu'à cinq cellules formant au dos de chaque faisceau libérien un arc péricyclique simple. Parmi les autres cellules péricycliques dédoublées, celle qui est en face du faisceau ligneux se transforme d'ordinaire en un vaisseau lignifié à paroi épaisse, et de très petit diamètre. Ce petit vaisseau péricyclique est séparé de l'endoderme par une cellule demeurée parenchymateuse, et dans ce cas le péricycle est continu. Si l'on considère une racine à quelque distance du sommet, il est difficile d'attribuer à ce petit vaisseau une origine péricyclique et l'aspect rappelle celui d'une racine typique. Mais il arrive parfois que les deux cellules péricycliques situées en face du vaisseau du bois se transforment en vaisseaux lignifiés, alors le péricycle paraît interrompu, car le vaisseau le plus externe est au contact de l'endoderme. Inversement, il se peut que les deux cellules péricycliques superposées en dehors du vaisseau demeurent parenchymateuses, en ce cas le faisceau vasculaire est réduit au vaisseau normal, c'est-à-dire à son bois, et se trouve séparé de l'endoderme par ces deux cellules péricycliques.

Le premier tube criblé devient bientôt le plus petit des éléments de la stèle, il a une forme losangique bien nette et sa disposition est très régulière. Sa cellule sœur et la cellule voisine constituant les deux cellules libériennes emboîtent son angle interne et atteignent un diamètre double du sien ; leurs parois sont un peu plus épaisses que celles des cellules des rayons, mais elles n'atteignent jamais l'épaisseur que présentent les parois des cellules péricycliques et surtout médullaires. En dedans de ces deux cellules libériennes, se différencie à son tour le second tube criblé qui se développe directement aux dépens de sa cellule mère, ainsi que nous l'avons vu dans le Blé. Ce tube criblé a un diamètre notablement supérieur à celui des cellules libériennes, mais qui ne dépasse que très peu celui des cellules voisines du rayon. Sa paroi, plus épaisse que la paroi des cellules libériennes, ne diffère pas sensiblement de celle des cellules plus internes qui séparent entre eux les grands vaisseaux médullaires.

On peut signaler la forme caractéristique présentée par les cellules de l'endoderme. Ces cellules sont allongées radialement, encore plus que les cellules du péricycle qui le sont déjà plus que les autres cellules de la stèle, et leurs parois interne et latérales sont très épaissies.

Koeleria setacea (fig. 7, pl. V). — Dans cette espèce le péricycle (*p*) se montre d'abord continu et formé de cellules un peu allongées radialement. Un certain nombre d'éléments plus grands que leurs voisins commencent à se distinguer dans la région centrale : ce sont les vaisseaux médullaires (*v*) ; et aussitôt apparaissent les premiers tubes criblés qui se forment directement comme dans le Blé. C'est surtout grâce à la coloration que prend leur paroi, lors de leur différenciation maximum, qu'on peut aisément les distinguer (*t*), car s'ils ont toujours une forme assez régulière, ils se confondent par la taille avec les éléments voisins. Les deux cellules libériennes (*a*, *a*) recouvrent chaque tube criblé vers l'intérieur, mais leur taille et l'apect de leur paroi ne les dis-

tinguent en rien des cellules voisines. A ce moment, le tube criblé interne (t') n'est pas encore différencié, et seule sa situation permet de le reconnaître. Plus tard, il accroît un peu son diamètre, de façon à dépasser la taille des trois autres éléments du liber, qui forment alors des îlots peu distincts au milieu du conjonctif. Ce tube criblé interne se dédouble assez fréquemment.

En face des vaisseaux, une ou deux cellules péricycliques se dédoublent, et d'ordinaire, les deux cellules superposées au vaisseau se transforment en vaisseaux à lumière très étroite; quelquefois, seule la cellule péricyclique interne se transforme ainsi; il peut même arriver qu'aucun vaisseau péricyclique ne se produise. C'est ce qui a lieu surtout là où le péricycle ne se dédouble pas, ce qui se rencontre parfois. En général, on peut trouver sur la même coupe ou sur un petit nombre de coupes, des faisceaux ligneux offrant toutes ces manières d'être en ce qui concerne leurs rapports avec l'endoderme.

Molinia cærulea. — Dans la région recouverte par la coiffe, le péricycle simple est formé de cellules dont deux, situées en face du futur faisceau criblé, sont plus larges que les autres et sensiblement isodiamétriques, tandis que celles qui se trouvent en face des futurs faisceaux ligneux sont plus étroites. En dedans des deux larges cellules péricycliques, apparaît le premier tube criblé dont le calibre demeure toujours un peu inférieur à celui de chacune des deux cellules libériennes qui l'emboîtent du côté interne à la façon habituelle. La cellule mère du second tube criblé n'offre encore aucun caractère particulier.

En avançant en âge les cellules du conjonctif épaississent leur paroi et les lignifient complètement; les cellules du péricycle ont des parois plus épaisses que celles des autres cellules du conjonctif. De son côté, l'endoderme offre un épaississement considérable, l'assise sus-endodermique présente aussi tardivement un épaississement très marqué, ses cellules épaissies en V simulent les caractères des

cellules endodermiques, mais le degré de leur épaississement est moindre.

Dans la stèle entièrement lignifiée et entourée d'un anneau également lignifié, les éléments libériens seuls conservent leur paroi mince et cellulosique. Les deux cellules libériennes et le premier tube criblé restent très étroits ; au contraire, le tube criblé interne acquiert un calibre qui surpasse celui des larges vaisseaux du bois. Grâce à cette particularité, le *M. cærulea* est l'un des exemples les plus favorables que l'on puisse choisir pour l'examen du tube criblé interne. C'est en même temps un exemple excellent pour montrer la composition exacte du faisceau libérien tout entier, car il se détache nettement de tous les éléments considérablement épaissis qui l'entourent.

Briza media. — A l'origine le péricycle se comporte d'une façon analogue à celle que nous venons de décrire chez le *Molinia cærulea.* En certains points également espacés, deux cellules accolées grandissent plus que les autres en demeurant simples, tandis que, en des points intercalaires, les cellules, par groupes de deux (plus souvent trois), se dédoublent, donnant ainsi de petits arcs formés de deux assises de cellules plus courtes. En dedans des deux grandes cellules péricycliques prend naissance, à la manière ordinaire, le premier tube criblé qui est bordé sur ses faces internes par les deux cellules libériennes.

Ce premier tube criblé est assez régulier et présente une forme losangique, mais parfois la cloison qui le détache de sa cellule mère, au lieu d'être inclinée à 45° sur le rayon, prend une direction tangentielle, de telle sorte que le tube criblé ainsi détaché a une forme carrée et se trouve exactement superposé en dehors de sa cellule sœur. Dans ce cas, cette dernière est facile à distinguer et cet arrangement peut quelquefois persister longtemps ; souvent, dans la suite du développement, ce tube criblé tend à s'insinuer entre les deux cellules libériennes et son origine réelle devient plus douteuse. En dedans des deux cellules libériennes, se

développe directement le second tube criblé. Les éléments libériens épaississent tout d'abord leur paroi plus que ne le font les cellules voisines du conjonctif, aussi ils forment des îlots assez distincts, le premier tube criblé demeure toujours un peu moins large que les cellules libériennes, ces dernières et le second tube criblé ont un calibre peu différent de celui des cellules qui les bordent.

Plus tard tous les éléments du conjonctif épaississent leur membrane et la lignifient plus ou moins complètement. En dehors des faisceaux ligneux, la cellule péricyclique de l'assise interne se transforme d'ordinaire en un vaisseau très étroit accolé ã la face externe du vaisseau du bois, mais la cellule de l'assise externe ne subit pas, en général, cette transformation, en sorte que le péricycle n'est pas interrompu en face des faisceaux ligneux.

Diarrhena americana.—Le péricycle présente une particularité assez rare. D'abord simple et continu, il se dédouble bientôt en deux assises, par places équidistantes, restant simple dans les intervalles. Mais à l'inverse de ce que nous avons vu chez l'*Agropyrum repens* et le *Briza media*, c'est en face des arcs péricycliques dédoublés que se trouvent les faisceaux libériens, les faisceaux ligneux se développant en face des arcs où le péricycle est demeuré simple.

Le premier tube criblé apparaît intercalé entre les deux cellules libériennes qui ont une largeur un peu supérieure à la sienne, tout en restant inférieure à celle des cellules voisines du conjonctif. Le second tube criblé se transforme directement aux dépens de la cellule située en dedans des cellules libériennes, et acquiert une taille égale à celle des cellules qui le touchent de part et d'autre. Parfois le nombre des éléments libériens est augmenté, et cette augmentation tient soit au dédoublement des cellules libériennes, soit au dédoublement de la cellule mère du second tube criblé.

Nous retrouvons ici une tendance à la multiplication des éléments manifestée à la fois par le liber et par le péricycle, phénomène analogue à celui que nous avons déjà signalé à

propos du *Brachypodium pinnatum*. A côté de cette particularité, on peut signaler une disposition qui ne se rencontre que rarement, mais qui est assez intéressante. Dans certaines coupes, deux faisceaux criblés se développent dans le voisinage l'un de l'autre, sans faisceau ligneux intercalé ; il se peut même que les deux tubes criblés externes ne soient séparés que par une seule cellule libérienne.

Melica nutans (fig. 5, pl. IV). — Le péricycle (*p*) très jeune est simple et uniforme, se détachant très nettement grâce à la taille de ses cellules qui ont une longueur (dans le sens radial) double de leur largeur, tandis que les cellules de l'endoderme (*e*) et des assises sus-endodermiques sont plus ou moins aplaties. De place en place, dans le péricycle, deux ou trois cellules accolées, plus allongées que leurs voisines, se cloisonnent tangentiellement ; entre ces groupes on en voit d'autres, composés seulement de une ou deux cellules, qui se comportent de même. On a ainsi un certain nombre d'arcs péricycliques formés de deux assises qui correspondent, les premiers aux faisceaux ligneux, les autres aux faisceaux libériens.

Le premier tube criblé apparaît au moment où se font ces dédoublements partiels du péricycle. La cloison qui détache ce tube criblé est assez irrégulière dans sa disposition, et parfois elle est dirigée tangentiellement, ce qui donne naissance à un tube criblé de forme rectangulaire. Quand il est losangique, le tube criblé (*t*) demeure un peu plus étroit que les autres cellules, mais quand il est pentagonal, ce qui arrive assez souvent, sa taille égale celle des cellules voisines et il est difficile de la distinguer de l'une ou de l'autre des cellules libériennes qui, dans ce cas, ne le recouvrent pas complètement vers l'intérieur. Le tube criblé interne (*t'*) se développe directement et n'offre à aucun moment un aspect bien caractéristique.

Plus tard, les éléments libériens s'arrondissent, ce qui a pour effet de produire quelque irrégularité dans leur arrangement ; en outre, leur nombre est souvent supérieur à

quatre par le fait du dédoublement des cellules libériennes. Nous retrouvons donc encore cette multiplication des éléments frappant à la fois le liber et le péricycle, fait sur lequel nous avons déjà insisté à plusieurs reprises.

Glyceria aquatica. — Le péricycle, simple au début, formé de cellules-presque carrées, se distingue nettement de l'endoderme dont les cellules très élargies terminent les séries radiales fort régulières de l'écorce interne. En des points équidistants, deux cellules péricycliques grandissent plus que leurs voisines, tant en longueur qu'en largeur. C'est en dedans de ces deux cellules que se forme le premier tube criblé ; il apparaît de très bonne heure ; à la hauteur où la coiffe présente encore deux assises, il est déjà bien distinct. La cloison qui le détache a une direction un peu irrégulière, parfois elle se rapproche du plan tangent et alors le tube criblé paraît superposé en dehors de la cellule libérienne qui est sa cellule-sœur. Toutefois ce tube criblé demeure bien distinct, sa lumière égale celle des deux cellules libériennes qui s'arrondissent peu à peu. En dedans de ces cellules se différencie, à son tour, le second tube criblé dont le diamètre atteint au moins le double de celui des cellules libériennes. Mais ce tube criblé est rarement seul, d'ordinaire sa cellule mère se dédouble et l'on a deux ou trois tubes criblés de même taille accolés en dedans des deux cellules libériennes.

Poa fertilis. — Dans cette plante, le péricycle au début se distingue aisément de l'endoderme qui, comme dans le *Glyceria aquatica*, a ses cellules très élargies tangentiellement. En dedans de lui, on voit bientôt apparaître le tube criblé externe qui se forme régulièrement par une cloison inclinée de 45° sur le plan radial. Ce tube criblé acquiert un calibre égal à celui des deux cellules libériennes qui emboîtent son angle interne. Les deux cellules péricycliques qui emboîtent son angle externe grandissent un peu plus que les autres cellules du péricycle ; en particulier, celles qui se trouvent en face du vaisseau demeurent très petites. Ensuite

le second tube criblé acquiert ses caractères, et sa membrane s'épaissit de telle façon qu'il se distingue nettement des autres cellules du conjonctif qui ont une taille à peu près égale à la sienne. On peut trouver çà et là deux tubes criblés accolés résultant d'un dédoublement de la cellule mère. A un état plus avancé, le faisceau libérien se distingue par la petitesse de ses éléments.

En effet, tandis que le second tube criblé conserve une lumière à peu près égale à celle des cellules voisines du conjonctif, les deux cellules libériennes et le premier tube criblé sont beaucoup plus petits, et forment un îlot dont l'ensemble offre une section au plus égale à celle du second tube criblé.

En dehors de chaque vaisseau du bois, la cellule péricyclique se tranforme en un vaisseau lignifié, à lumière très étroite, accolé à la face externe du vaisseau du bois dont le diamètre est beaucoup plus grand. En ce point, le péricycle paraît donc interrompu.

Avena pubescens. — Le péricycle formé de cellules toutes semblables à l'origine est bien distinct de l'endoderme qui a ses cellules élargies tangentiellement, ainsi que les assises corticales superposées. Le péricycle demeure simple sur tout son pourtour, et les deux cellules, situées en face de chaque faisceau ligneux, demeurent plus petites que les autres et sont comprimées plus tard par le vaisseau qui acquiert un assez grand diamètre. Le premier tube criblé se forme par le cloisonnement de sa cellule mère et prend la forme losangique ordinaire ; toutefois il se peut que la cloison qui le détache soit dirigée parallèlement au plan tangentiel, et alors, le tube criblé présente une forme rectangulaire et est superposé complètement à celle des cellules libériennes qui est sa cellule sœur. Dans tous les cas sa lumière est petite et celle des cellules libériennes ne la surpasse guère. En dedans des deux cellules libériennes, le second tube criblé se développe directement et peu à peu atteint un diamètre à peu près égal à celui des vaisseaux du bois, en même temps qu'il épaissit beaucoup sa membrane.

Phragmites communis. — Dans cette plante le faisceau criblé se compose de quatre éléments qui se développent suivant le type normal. Le premier tube criblé a une section un peu plus faible que celle des cellules libériennes, et de très bonne heure, on peut distinguer le second tube criblé qui a déjà une taille supérieure à celle des cellules voisines du conjonctif.

Deyeuxia varia. — Le péricycle ne diffère pas beaucoup par la forme de ses cellules des assises qui l'entourent ; il présente de bonne heure un cloisonnement qui frappe toutes ses cellules et qui est surtout actif en face des faisceaux libériens. Il en résulte que le premier tube criblé est d'ordinaire séparé de l'endoderme par deux, souvent même par trois, rarement par quatre assises provenant du cloisonnement du péricycle primitivement simple.

Ce premier tube criblé se développe par voie indirecte, comme nous l'avons indiqué pour toutes les Graminées déjà étudiées, et s'intercale entre les deux cellules libériennes qui le recouvrent du côté interne et offrent une taille à peu près égale à la sienne. Parfois, ces cellules libériennes se dédoublent et l'on a ainsi trois et quatre cellules semblables accolées en dedans du premier tube criblé. Le second tube criblé se distingue d'assez bonne heure, car il acquiert un diamètre un peu supérieur à celui des éléments qui l'entourent et sa paroi s'épaissit de façon assez marquée. Ce qui permet de reconnaître très aisément, dans une racine âgée, le premier tube criblé, au milieu d'éléments de même taille, c'est qu'il est limité par quatre faces curvilignes à convexité intérieure, tandis que les éléments qui l'entourent sont arrondis.

En dehors du vaisseau du bois dont le diamètre est égal à celui du tube criblé interne, une cellule péricyclique se transforme en un vaisseau très étroit ; quelquefois il se forme ainsi deux petits vaisseaux accolés, mais le plus externe est toujours séparé de l'endoderme par une cellule péricyclique qui n'a pas subi cette modification.

A mesure que la racine avance en âge, le conjonctif tout

entier s'épaissit et se lignifie, entourant les faisceaux libériens qui se détachent sur les coupes comme autant d'îlots clairs à parois minces, car la paroi du second tube criblé s'est amincie comme le fait plus tôt celle du tube criblé externe. L'endoderme épaissit ses cellules en V et cet épaississement est si considérable qu'il va jusqu'à l'oblitération presque complète de ses cellules.

Calamagrostis canadensis (fig. 13, pl. VI). — Le péricycle (*p*) est continu et homogène à l'origine, puis les deux cellules situées en face du premier tube criblé grandissent plus que les autres et s'allongent notablement dans le sens radial sans se cloisonner, tandis que les cellules situées en face des futurs faisceaux ligneux se cloisonnent tangentiellement et souvent aussi radialement. Dans des racines plus grosses il est fréquent de voir le péricycle se dédoubler aussi en face des faisceaux criblés. Sur des racines de grosseur moyenne, ce dédoublement peut ne se produire qu'en face d'un certain nombre de ces faisceaux. Toutes les cellules péricycliques prennent d'ailleurs une forme allongée dans le sens radial et cette forme se conserve encore dans les assises du conjonctif situées en dedans du péricycle, pour s'atténuer peu à peu vers le centre où les cellules sont isodiamétriques.

Le premier tube criblé (*t*) se forme indirectement par cloisonnement de sa cellule mère et sa lumière est assez grande, quoique moindre que celle des deux cellules libériennes. Ces deux cellules (*a*,*a*) sont allongées radialement et se prolongent vers le centre, en dedans du premier tube criblé, d'une longueur égale à son plus grand diamètre ; elles ressemblent d'ailleurs beaucoup aux cellules des rayons qui les avoisinent. Parfois ces cellules libériennes se dédoublent ; j'ai pu observer un dédoublement particulier de la cellule quadrangulaire qui d'ordinaire évolue en tube criblé ; des deux petites cellules quadrangulaires produites, l'externe seule a évolué en tube criblé, l'autre ayant pris les caractères des cellules libériennes tout en restant plus petite que ces dernières. Mais ce fait est rare et la constitution des

éléments libériens est normale, car l'augmentation du nombre des cellules libériennes, qu'on observe surtout chez les racines de plus gros diamètre et qui est due au dédoublement des cellules libériennes, accompagne le dédoublement du péricycle, ainsi que nous l'avons constaté souvent déjà. Le second tube criblé (*t'*) se transforme directement et acquiert un diamètre un peu supérieur à celui des cellules qui l'entourent.

Les petites cellules péricycliques situées en face des faisceaux ligneux se comportent différemment ; l'externe qui touche l'endoderme demeure irrégulièrement rectangulaire et conserve ses parois minces, tandis que l'interne s'arrondit, épaissit sa membrane en se rétrécissant beaucoup pour former un vaisseau. Souvent deux cellules péricycliques de la même assise évoluent ainsi en vaisseaux placés côte à côte tangentiellement et ils sont tantôt accolés au grand vaisseau du bois, tantôt séparés de lui par un élément péricyclique. Cet élément péricyclique peut lui-même être transformé en vaisseau étroit ou demeurer à l'état de cellule parenchymateuse.

Zea Maïs (fig. 8, pl. V). — Le péricycle (*p*) est simple et homogène pendant un certain temps, puis certaines de ces cellules grandissent plus que leurs voisines ; ce sont celles qui se trouvent en face des futurs faisceaux criblés ; les cellules superposées aux futurs faisceaux ligneux se cloisonnent tangentiellement et les cellules ainsi produites demeurent plus petites que les autres. Ce dédoublement du péricycle peut se produire même en face des faisceaux criblés, et, sur une même coupe, on peut voir çà et là certains faisceaux libériens séparés de l'endoderme par deux assises, tandis que les autres n'en sont séparés que par une seule assise de grandes cellules demeurées indivises.

Le premier tube criblé (*t*) est détaché par une cloison inclinée de 45° sur le plan diamétral, et son calibre est presque aussi grand que celui des deux cellules libériennes (*a*,*a*) qui l'emboîtent du côté interne. En dedans de ces cellules on

en voit d'autres qui se distinguent de bonne heure par une taille plus grande. Ces éléments accolés les uns aux autres et au nombre de six d'ordinaire évoluent directement en tubes criblés (t'). Les cellules libériennes sont susceptibles de se dédoubler et c'est surtout dans les grosses racines que le fait se produit. Nous trouvons donc dans cette plante une augmentation du nombre des éléments libériens en rapport avec le dédoublement du péricycle, parallélisme que nous avons signalé bien des fois.

Coïx lachryma. — Le péricycle simple est formé de cellules serrées entre elles et un peu allongées radialement différant par là des cellules de l'endoderme, qui au contraire sont un peu élargies. Le premier tube criblé apparaît très près de l'extrémité, mais la cloison qui le détache n'a pas toujours son inclinaison habituelle, quelquefois elle est tangentielle et alors le tube formé est rectangulaire; parfois sa direction n'est pas exactement tangentielle et alors le tube détaché a une forme trapézoïde. En dehors de lui les deux cellules péricycliques qui recouvrent sa portion externe sont un peu plus grandes que les autres, mais la différence est peu sensible et la constance n'est pas très grande. En dedans de lui, les deux cellules libériennes ont une taille un peu supérieure à la sienne et sont semblables quand le tube est losangique, mais quand il est rectangulaire ou pentagonal, ce qui arrive parfois dans la suite, la cellule libérienne qui est superposée à sa face interne est plus petite que l'autre qui se prolonge sur le flanc du tube. En dedans des cellules libériennes, se trouve le second tube criblé qui évolue directement et se distingue de bonne heure par un épaississement marqué de sa paroi. Cette particularité est nettement mise en évidence par la coloration que donne le brun Bismarck. Ce tube criblé se dédouble parfois, par cloisonnement à l'origine de sa cellule mère, et dans ce cas chacun des deux tubes criblés disposés côte à côte tangentiellement a un calibre un peu inférieur à celui que possède le tube criblé unique.

Baldingera arundinacea (fig. 9, pl. V). — Au début le péricycle *p* est simple et homogène, bien distinct par ses cellules isodiamétriques de l'endoderme (*e*) dont les cellules sont aplaties dans le sens du rayon. Bientôt en certains points correspondant aux futurs faisceaux du bois, les cellules péricycliques se divisent par des cloisons radiales donnant des cellules étroites qui un peu plus tard se dédoublent par des cloisons tangentielles. D'ordinaire les cellules qui se cloisonnent ainsi sont au nombre de trois placées côte à côte ; quelquefois elles sont au nombre de deux, mais plus rarement d'une seule.

Le premier tube criblé (*t*) se forme par cloisonnement de sa cellule mère selon le type normal, mais sa section est un peu irrégulière, car la direction de la cloison qui lui donne naissance n'est pas très constante. En dedans de lui sont les cellules libériennes (*a*, *a*) dont le nombre est quelquefois porté à trois, par dédoublement de l'une des deux cellules primitives. Sur leur face interne s'applique le second tube criblé (*t'*), qui acquiert lors de sa plus grande différenciation un calibre égal à celui des vaisseaux du bois. Dans une racine âgée, le conjonctif tout entier se sclérifie et les faisceaux libériens se détachent en clair sur le fond sombre des coupes.

L'endoderme a épaissi ses cellules très fortement et présente un aspect particulier, ses parties épaissies dessinant le contour d'une scie circulaire.

Phalaris canariensis. — Le péricycle se montre de bonne heure formé de cellules alternativement courtes et un peu allongées dans le sens radial. Les cellules courtes correspondent aux futurs faisceaux libériens et ligneux, les autres correspondent aux futurs rayons. Le premier tube criblé apparaît avec une grande régularité et son mode de formation est facile à constater. Pour ces deux raisons cette plante est un exemple favorable à l'étude qui nous occupe. Le premier tube criblé s'intercale peu à peu entre les deux cellules libériennes qui sont de taille un peu supérieure à

la sienne, mais ne se distinguent pas autrement des cellules voisines du conjonctif.

Un peu plus tard, le second tube criblé grandit et acquiert un diamètre qui correspond environ à celui que possède l'îlot formé par les trois autres éléments libériens. A ce moment, ceux-ci ont pris une taille et une apparence presque semblables et l'ensemble du faisceau libérien ainsi constitué présente une régularité que l'on ne retrouve guère ailleurs aussi parfaite. En traitant les coupes d'une racine âgée par la double coloration, on voit ces quatre éléments libériens se détacher nettement en rose sur le fond complètement vert.

Hierochloa borealis (fig. 10, pl. V). — Le péricycle (*p*) simple et régulier est bien distinct de l'endoderme (*e*) dont les cellules aplaties terminent les séries radiales de l'écorce. En des points équidistants correspondant aux futurs faisceaux du bois, les cellules péricycliques se divisent radialement, de sorte qu'en ces points, les cellules, tout en étant aussi longues que leurs voisines, deviennent plus étroites. Le premier tube criblé apparaît avec une très grande régularité, sa cellule mère est notablement plus grande que la cellule libérienne déjà formée ; aussi le cloisonnement a pour résultat immédiat d'égaliser la taille des deux cellules libériennes. Ce premier tube criblé se différencie très vite, sa membrane s'épaissit et se colore très fortement par le brun Bismarck sur une longueur correspondant à un millimètre environ ; il est large et assez nettement cunéiforme (*t*). Les deux cellules libériennes (*a*, *a*) ne présentent aucune modification, tandis que le second tube criblé (*t'*) qui se transforme directement en dedans d'elles offre déjà un épaississement et une coloration marquée de sa paroi.

Pendant ce temps, l'une des cellules péricycliques étroites superposées au faisceau du bois peut se diviser par une cloison tangentielle en deux cellules superposées, dont l'interne se transforme en un vaisseau étroit accolé à la face externe du vaisseau du bois, tandis que les cellules péricycliques adossées au premier tube criblé sont devenues

notablement plus grandes que les autres en restant toujours simples.

Stipa altaica. — Le premier tube criblé se forme régulièrement en dedans d'un péricycle simple; il est recouvert du côté interne par les deux cellules libériennes en dedans desquelles se développe directement le second tube criblé. Ce dernier acquiert un calibre considérable ; son diamètre surpasse celui des vaisseaux du bois et atteint celui des petits vaisseaux médullaires.

Alopecurus nigricans. — De très bonne heure le péricycle montre un allongement marqué de ses cellules dans le sens radial, ce qui le distingue à première vue de l'endoderme dont les cellules sont au contraire aplaties dans le même sens. Le premier tube apparaît avec régularité et les deux cellules libériennes qui l'emboîtent se prolongent beaucoup en dedans de lui. Le second tube criblé est très facile à reconnaître comme tel à un stade peu avancé par sa situation très régulière contre la face interne des cellules libériennes et par sa taille supérieure à celle des éléments voisins. En face du premier tube criblé les cellules péricycliques grandissent beaucoup, au contraire les cellules péricycliques superposées aux vaisseaux du bois demeurent étroites et courtes. Puis le premier tube criblé acquiert sa différenciation maximum, il épaissit sa membrane qui prend par le brun Bismarck une coloration très foncée, ses angles latéraux s'arrondissent un peu, mais son angle interne demeure aigu et bien accentué ; le second tube criblé est encore nettement polygonal et les deux cellules libériennes le sont aussi. Plus tard, le premier tube criblé s'arrondit ainsi que le second dont la membrane présente alors les réactions caractéristiques ; mais les cellules libériennes demeurent polygonales. Enfin, à un âge avancé, les éléments libériens se distinguent du conjonctif par leur agencement régulier et la minceur de leurs parois, à l'exception du second tube criblé qui par l'épaisseur de sa membrane et sa coloration se confond bien avec les éléments voisins. On peut observer

çà et là la présence de deux tubes criblés internes situés côte à côte par suite du dédoublement de leur cellule mère.

Agrostis alpina. — Le péricycle simple et uniforme a des cellules isodiamétriques qui le font distinguer facilement de l'endoderme dont les cellules sont un peu aplaties. Le premier tube criblé se détache par une cloison très régulièrement disposée, il est assez grand et s'accroît encore en s'arrondissant un peu au moment où sa paroi acquiert sa différenciation maximum, de telle sorte que sa largeur dépasse d'ordinairel a largeur des cellules libériennes, qui par contre, sont beaucoup plus allongées que lui dans le sens radial, car après l'avoir recouvert elles se prolongent vers le centre en se touchant sur la moitié au moins de leur longueur. A ce moment le second tube criblé n'est guère distinct comme tel, car il se confond par l'aspect avec les cellules du conjonctif qui le touchent.

Les cellules du péricycle pendant ce temps ont subi les modifications que nous avons signalées bien des fois déjà, celles qui sont adossées au premier tube criblé grandissent beaucoup, tandis que celles qui sont en face des vaisseaux demeurent courtes et encore plus étroites.

Bientôt après le tube criblé interne grandit plus que les éléments voisins et sa membrane offre peu à peu les caractères distinctifs; son accroissement s'accompagne de la réduction en longueur des cellules libériennes. En vieillissant davantage les éléments libériens modifient encore leur aspect, le premier tube criblé a sa forme losangique, mais les deux cellules libériennes sont devenues ovalaires et leur calibre ne l'emporte guère sur celui du premier tube, tandis que le second irrégulièrement arrondi a un diamètre plus grand qui égale celui des éléments voisins du conjonctif.

Lasiagrostis splendens (fig. 6, pl. IV). — Le péricycle (*p*) est simple et uniforme d'abord, puis ses cellules s'allongent en restant étroites, tandis que les cellules endodermiques (*e*) au contraire s'aplatissent. En certains points correspondant aux futurs faisceaux du bois les cellules péricycliques se dé-

doublent par une cloison tangentielle, mais ce dédoublement ne frappe pas les cellules situées en face de tous les faisceaux. Sur une même coupe on peut voir les cellules péricycliques se dédoubler seulement en face de la moitié des faisceaux du bois. Pendant que ce dédoublement se produit, le premier tube criblé (*t*) prend naissance et acquiert sa différenciation maximum. En dedans de lui les deux cellules libériennes (*a*, *a*) ne présentent aucun caractère spécial et il en est de même du second tube criblé (*t'*). Plus tard, ce second tube grossit et se différencie directement, devenant alors bien distinct, tandis que les autres éléments libériens deviennent de plus en plus étroits.

Milium effusum (fig. 11, pl. V). — A la périphérie de la stèle, les cellules sont allongées de très bonne heure et il en est ainsi, quoique à un degré moindre, des cellules de l'endoderme (*e*), ce qui pourrait faire prendre au premier abord l'endoderme pour le péricycle, d'autant plus que les assises corticales sus-endodermiques sont formées de cellules aplaties qui tranchent nettement avec les premières. Le péricycle (*p*) simple au début est assez uniforme, car c'est à peine si l'on peut constater une petite dépression en face des points où se forme le premier tube criblé, dépression due à ce que les cellules adossées à ce tube sont un peu plus courtes que les autres à ce moment. Les changements qui surviennent immédiatement consistent surtout en un allongement très accentué des cellules du péricycle, de l'assise sous-péricyclique et même de l'endoderme. En face des futurs faisceaux du bois, les cellules péricycliques se divisent d'ordinaire par une cloison tangentielle, mais ce cloisonnement n'est pas constant ; il peut affecter une, deux, trois ou quatre cellules et même parfois ne pas se produire.

Le premier tube criblé (*t*), né par cloisonnement de sa cellule mère, présente une certaine irrégularité dans sa forme et dans sa position qui est due surtout au cloisonnement qui frappe parfois les cellules libériennes (*a*, *a*). En effet, une de ces cellules peut se diviser par une cloison soit tangen-

tielle, soit inclinée parallèlement à celle qui a détaché le premier tube criblé. Quelquefois les deux cellules libériennes présentent chacune ce cloisonnement tangentiel, d'autres fois il n'y en a qu'une qui le présente, l'autre se cloisonnant obliquement, enfin dans plus de la moitié des cas aucune des deux cellules libériennes ne se cloisonne. Le second tube criblé (t') est facile à reconnaître, quand il est situé exactement contre la face interne des deux cellules libériennes, et quand son diamètre est un peu supérieur à celui des cellules voisines. Il est moins aisé de le distinguer sûrement, au moins au début, quand par suite de leur cloisonnement les cellules libériennes ne présentent pas une face interne régulière et surtout quand sa cellule mère se dédouble, ce qui arrive parfois. Plus tard le second tube s'arrondit et épaissit sa membrane, ce qui le rend à ce moment bien distinct des cellules voisines à paroi mince et à forme polygonale.

A un stade très avancé du développement, on trouvera sur la même coupe, des faisceaux libériens formés de quatre éléments présentant l'aspect typique, et d'autres formés d'un plus grand nombre d'éléments offrant un aspect beaucoup moins régulier. Cette tendance à la multiplication des éléments libériens accompagne encore ici un dédoublement partiel des cellules péricycliques.

Oryza sativa. — En dedans du péricycle simple et uniforme sur tout son pourtour, le premier tube criblé prend naissance par un cloisonnement assez régulier de sa cellule mère. Peu à peu les deux cellules péricycliques qui emboîtent sa portion externe grandissent plus que les autres en demeurant simples, tandis que les cellules situées en face des futurs vaisseaux se dédoublent par une cloison tangentielle. Puis le premier tube criblé acquiert sa différenciation maximum et sa taille demeure inférieure à celle des cellules libériennes qui l'emboîtent du côté interne.

Sorghum saccharatum (fig. 12, pl. V). — A la base de la coiffe, le conjonctif offre des cellules régulièrement polygonales au centre et plus grandes que vers la périphérie où les

cellules sont en voie de division active. L'assise externe de la stèle n'est pas distincte comme assise péricyclique, ses cellules de taille et de forme inégales se cloisonnent irrégulièrement, mais surtout en direction tangentielle, tranchant nettement avec l'endoderme dont les cellules courtes et assez larges sont disposées en séries radiales régulières avec les cellules des deux assises sus-endodermiques. Quand la cloison oblique qui détache le premier tube criblé se produit, ce tube n'est séparé de l'endoderme que par une seule cellule ; mais cette cellule ne tarde pas à faire comme ses voisines et se dédouble par une cloison tangentielle. En dedans du premier tube criblé (*t*), les deux cellules libériennes (*a*, *a*) sont assez larges, mais courtes, et ne dépassent que peu, vers le centre, l'angle interne du premier tube. Avant que celui-ci ait modifié sa paroi, on peut reconnaître le second tube criblé (*t'*) grâce à sa situation régulière, en dedans des cellules libériennes, et surtout, à sa taille notablement supérieure à celle des cellules voisines. Puis ces éléments se différencient successivement pendant que les cellules péricycliques situées en dehors d'eux poursuivent leur cloisonnement. A un état très avancé du développement, le faisceau libérien se trouve d'ordinaire séparé de l'endoderme par trois assises. Comme tous les éléments du conjonctif se sont arrondis ainsi que les cellules libériennes et le second tube criblé, et que d'autre part, le nombre des assises séparant le faisceau criblé de l'endoderme n'est pas constant sur une même coupe, l'aspect est tout d'abord assez confus. Seulement le premier tube criblé conserve sa forme losangique, et grâce à lui, on peut toujours distinguer les éléments qui composent le faisceau libérien. Cette racine ne présente pas une multiplication de ses éléments libériens en rapport avec la multiplication de ses cellules péricycliques, toutefois cette multiplication se rencontre çà et là, surtout dans les grosses racines.

Imperata cylindrica. — Sur des racines de grosseur moyenne, le conjonctif au début est formé de cellules plus grandes dans sa région centrale, tandis que vers sa périphé-

rie les cellules sont très petites et l'assise externe se dédouble avec une régularité assez grande sur tout son pourtour. Cette double assise péricyclique limite nettement la stèle, car les cellules endodermiques forment avec les autres assises corticales des séries radiales fort régulières. Le premier tube criblé se forme par un cloisonnement régulier et sa taille égale bien vite celle des deux cellules libériennes qui le recouvrent. Les deux paires de cellules péricycliques qui le séparent de l'endoderme demeurent longtemps plus grandes que les autres en gardant leur superposition régulière, mais parfois leur arrangement est un peu troublé dans la suite et l'on peut compter trois cellules entre l'endoderme et le premier tube criblé. Quand ce tube acquiert sa différenciation maximum le second tube criblé est encore peu facile à distinguer, mais un peu plus tard, sa paroi se modifie en même temps que son calibre augmente et il devient bien distinct. A ce moment, il serait facile de le confondre avec un vaisseau du bois, car il en a la taille et ce dernier n'a pas encore lignifié sa membrane qui est peu épaissie. Mais en dehors de la présence des cloisons criblées, d'une constatation souvent difficile, il est toujours possible d'éviter cette confusion, grâce à la disposition des cellules libériennes et surtout du premier tube criblé dont la forme losangique et la petite taille sont si caractéristiques.

Panicum miliaceum. — Le péricycle, simple d'abord, se dédouble en face des futurs faisceaux criblés, assez régulièrement, tandis que sur le reste de son pourtour le dédoublement est moins régulier. Le premier tube criblé naît par cloisonnement oblique de sa cellule mère, et est entouré vers l'intérieur par les deux cellules libériennes qui sont aussi larges que longues. En dedans de ces dernières le second tube criblé se transforme directement et se distingue de bonne heure, parce qu'il acquiert rapidement un calibre supérieur à celui que représentent les trois autres éléments considérés dans leur ensemble. Les deux paires de cellules péricycliques adossées au premier tube criblé prennent une plus grande

taille que leurs voisines. Nous avons rencontré une coupe dans laquelle deux faisceaux libériens bien développés n'étaient séparés par aucun faisceau ligneux et se trouvaient par suite séparés l'un de l'autre seulement par une ou deux assises de conjonctif; les deux tubes criblés internes se trouvaient même accolés l'un à l'autre tangentiellement.

La grandeur que possède le second tube criblé dans cette racine en fait un excellent exemple pour l'étude des cribles en particulier.

Cypéracées. — *Heleocharis palustris* (fig. 14 et 15, pl. VI). — Sous la coiffe la région stélique est à peu près homogène autour d'un grand vaisseau axile (*v*, fig. 14) à paroi mince, et les cellules de son assise externe (*p*) sont assez semblables de forme à celles de l'endorme (*e*) qui se distingue néanmoins très aisément, à cause de la disposition en séries radiales des assises internes de l'écorce.

En certains points équidistants, on voit une cellule beaucoup plus large que les autres, située en dedans du péricycle simple. Cette cellule se divise bientôt après par une cloison oblique en deux autres dont l'une a toujours, au moins du côté externe, une largeur plus grande que l'autre et correspond par sa paroi externe à une portion de la paroi de deux cellules péricycliques contiguës.

Cette cellule fille présente un angle saillant de sa paroi externe qui correspond à l'angle rentrant formé au point de séparation des deux cellules péricycliques. Aussi, quand cette cellule fille, qui seule va se diviser, prend une cloison, cette cloison s'insère par son bord interne sur la cloison radiale qui a séparé les deux cellules filles et au tiers de sa longueur en partant de son extrémité interne, et d'autre part, sur la paroi externe à une distance du sommet de l'angle égale à celle qui sépare cet angle de la cloison radiale. Il en résulte que la cellule externe produite a une forme quadrangulaire avec un angle interne aigu et un angle externe obtus; sa cellule sœur a une forme pentagonale irrégulière. Mais peu après, la cellule quadrangulaire, qui est le premier tube cri-

blé (*t*), s'insinue également entre sa cellule sœur et la cellule voisine et ces deux cellules (*a*, *a*) deviennent désormais semblables par leur aspect.

Les deux cellules péricycliques adossées au tube criblé grandissent d'abord un peu plus que les autres, surtout en largeur, mais plus tard cette différence de taille disparaît, et toutes les cellules de l'assise péricyclique sensiblement isodiamétriques sont égales entre elles. On n'a plus à y distinguer des petites cellules supra-ligneuses et des grandes cellules supra-libériennes. C'est la première fois que nous rencontrons un péricycle aussi parfaitement régulier.

En dedans des deux cellules libériennes, évolue à son tour le second tube criblé (*t'*) qui se différencie directement, aux dépens de sa cellule mère, et l'on a un faisceau libérien composé de quatre éléments bien distincts alors, qu'on ne peut constater encore aucune différenciation des vaisseaux.

Les cellules endodermiques (*e*, fig. 15) ont pris un allongement assez marqué ; elles forment autour de la stèle une large couronne claire, et d'autant plus claire que leurs parois radiales sont excessivement minces et coupent cette couronne de simples lignes ; leur taille est notablement supérieure à celle des cellules péricycliques qui sont elles-mêmes devenues plus grandes que les autres éléments de la stèle, le vaisseau axile excepté.

Ce n'est que plus tard que la cellule péricyclique, exactement intermédiaire à deux faisceaux criblés voisins, épaissit sa paroi et prend une forme arrondie pour se transformer en vaisseaux. Comme à partir du moment où commence sa différenciation, ce vaisseau ne se divise plus perpendiculairement à l'axe de la racine, il subit, par suite de l'accroissement intercalaire de la région où il se trouve, un étirement assez marqué, lequel a pour effet de diminuer son diamètre qui devient ainsi plus étroit que celui des autres cellules péricycliques. A un état plus avancé encore, on observe toujours la même régularité et il n'y a qu'à signaler une tendance à l'épaississement et à la sclérification des cellules du conjonctif.

Eriophorum vaginatum (fig. 16, pl. VI). — Au début toutes les cellules de la région stélique sont semblables et assez régulièrement polygonales, tranchant nettement avec les cellules corticales qui sont disposées en séries radiales régulières.

Le premier tube criblé apparaît à un niveau où la coiffe possède encore quatre ou cinq assises d'épaisseur. Ce tube (*t*) se forme en dedans du péricycle simple par le cloisonnement de sa cellule mère, à la façon habituelle ; mais la direction de la cloison qui lui donne naissance n'est pas constante et par suite sa forme est assez variable (*t*). Le plus souvent cette forme est pentagonale, l'angle externe emboîté par les deux cellules péricycliques persiste, mais l'angle interne est remplacé par une face un peu plus petite que les quatre autres. Tantôt la cloison est tangentielle et alors le tube criblé est superposé à sa cellule sœur (*a*) qui est généralement plus petite, tantôt elle est radiale et le tube criblé a même longueur que sa cellule sœur qui est appliquée à son côté. Ainsi sur une coupe, un seul tube criblé externe est losangique avec son angle interne emboîté par les deux cellules libériennes, tous les autres sont pentagonaux et parmi eux deux sont superposés à une petite cellule libérienne quadrangulaire, tandis que les autres de forme plus allongée ont une longueur égale à celle des deux cellules libériennes qui les accompagnent de part et d'autre. Quand il acquiert sa différenciation maximum, le tube criblé externe a une taille égale à celle des cellules libériennes qui se confondent par leur aspect avec les cellules voisines du conjonctif. En dedans d'elles se différencie plus tard le second tube criblé (*t'*) qui procède directement de sa cellule mère. Les cellules péricycliques qui emboîtent le premier tube criblé grandissent un peu plus que leurs voisines, tandis que la cellule péricyclique placée à égale distance de deux faisceaux criblés voisins s'arrondit pour se transformer en un vaisseau qui est, en dehors des vaisseaux médullaires, le seul élément vasculaire de cette racine.

Scirpus maritimus. — Très profondément sous la coiffe à

un niveau où l'épaisseur de celle-ci est de quatre ou cinq assises, le péricycle est formé de cellules un peu plus grandes que les cellules des assises sous-jacentes et se distingue davantage encore de l'endoderme dont les cellules forment avec les assises voisines de l'écorce des séries radiales. En dedans de l'assise péricyclique unique, le premier tube criblé est produit par cloisonnement de sa cellule mère et présente souvent un angle interne très aigu ; mais la direction de la cloison qui lui donne naissance peut varier, et alors le tube a une forme pentagonale. Quand il est losangique, sa taille est un peu inférieure à celle des cellules voisines ; quand il est pentagonal, sa taille est égale ou supérieure à celle de ces mêmes cellules avec lesquelles il présente alors une plus grande ressemblance de forme.

Plus tard, le premier tube criblé se différencie, ses angles s'arrondissent et alors ce n'est plus que rarement qu'on peut voir les deux cellules libériennes se toucher en dedans de lui ; d'ordinaire il est directement en contact avec le second tube criblé qui commence à être bien distinct, grâce à une faible augmentation de diamètre.

Dans une racine, toutes les coupes étudiées ont montré deux faisceaux libériens accolés, les tubes criblés internes étaient en contact tandis que les tubes externes étaient séparés, par deux cellules libériennes quelquefois, mais plus souvent par une seule. Dans ce dernier cas, la seconde cellule libérienne était superposée à l'un des tubes criblés externes qu'elle séparait, par toute sa longueur, du tube criblé interne correspondant ; elle était d'ailleurs aisément reconnaissable par sa forme rectangulaire et par sa petite taille. Ces cas de faisceaux libériens doubles sont intéressants parce qu'ils montrent avec évidence la différence qui existe entre le premier tube criblé et le second. En effet, jamais dans ces cas on ne peut constater le contact entre deux tubes criblés de la première catégorie, tandis que le contact de deux tubes criblés internes est la règle quand ils existent. Il en résulte que l'on doit considérer les deux cellules libériennes comme

intimement liées au tube criblé interne qui ne paraît pas pouvoir exister sans en être accompagné.

A la base de la coiffe, la différenciation du premier tube criblé est arrivée à son maximum. Plus tard, le second tube criblé grandit plus que les éléments voisins et s'arrondit de façon irrégulière. Fréquemment, on trouve deux de ces tubes internes appliqués côte à côte et résultant du dédoublement de la cellule mère. Les deux cellules libériennes et le premier tube criblé restent plus petits que les éléments voisins. Le péricycle forme une assise nettement distincte des autres assises du conjonctif, celle de ses cellules exactement intermédiaire entre deux faisceaux criblés voisins s'arrondit et se transforme en un vaisseau.

Schœnus nigricans (fig. 17, pl. VI). — Sous la coiffe, les cellules de l'assise péricyclique (*p*) sont un peu plus grandes que les autres cellules de la stèle, à l'exception des vaisseaux médullaires (*v*) qui, comme toujours, offrent un diamètre beaucoup plus grand, mais elles diffèrent peu des cellules de l'endoderme (*e*). En dedans de cette assise péricyclique alors uniforme, le premier tube criblé naît par le cloisonnement de sa cellule mère. Ce tube (*t*) est parfois losangique, mais souvent il devient pentagonal et est alors un peu plus grand; dans ce cas il n'est pas recouvert vers l'intérieur par les deux cellules libériennes (*a*, *a*) et se trouve en contact direct avec le second tube criblé (*t'*) qui se distingue d'assez bonne heure, par sa taille supérieure à celle des cellules voisines et sa forme irrégulièrement arrondie.

Isolepis Holoschœnus. — Au début, les assises externes de la stèle se confondent par la taille et la forme de leurs cellules, de telle sorte qu'on ne peut, dans la région de la coiffe, assigner au péricycle une épaisseur déterminée, comme cela est si souvent possible. Un peu plus tard, la périphérie de la stèle et la région endodermique sont le siège de modifications assez rares. Les cellules de l'assise interne de l'écorce se cloisonnent tangentiellement et radialement, ce qui produit des groupes de quatre cellules un peu irréguliers parce que

ce cloisonnement ne s'effectue pas dans toutes les cellules avec la même rigueur. Ces nouvelles cellules à peu près isodiamétriques sont beaucoup plus étroites que les cellules corticales qui les recouvrent ; elles se continuent sans transition vers l'intérieur avec les cellules périphériques de la stèle que l'on voit peu à peu se différencier en deux assises. Certaines cellules de la plus interne de ces deux assises grandissent, ce sont les cellules mères des premiers tubes criblés qui se trouvent également espacées. Pendant ce temps, les cellules de l'assise externe se cloisonnent tangentiellement, et cette fois, le péricycle devient double, tandis qu'à l'origine il ne l'était qu'en apparence, par le fait de la ressemblance entre les deux assises externes de la stèle. Le premier tube criblé naît par le cloisonnement de sa cellule mère, mais la direction de ce cloisonnement est telle que d'ordinaire le tube criblé prend la forme pentagonale. Il acquiert peu à peu sa différenciation maximum et sa taille égale celle des cellules voisines, il en est quelquefois ainsi de sa forme qui devient hexagonale.

Pendant que s'accomplit cette différenciation, l'assise interne sous-péricyclique se cloisonne radialement et tangentiellement. Les cellules libériennes se cloisonnent aussi d'ordinaire et se trouvent par suite au nombre de quatre. Ces quatre cellules un peu plus petites que les cellules voisines sont groupées étroitement, et en dedans d'elles on peut voir le second tube criblé qui acquiert à son tour un calibre supérieur aux cellules du conjonctif, et que, grâce à ce caractère, l'on reconnaît aisément longtemps avant la différenciation de sa membrane.

Vers cette époque, la cellule de l'assise sous-péricyclique, située à égale distance de deux faisceaux criblés, se transforme en un vaisseau dont le diamètre égale celui du second tube criblé, mais dont la paroi plus épaisse se lignifie d'assez bonne heure. Ce vaisseau demeure toujours séparé de l'endoderme par deux assises cellulaires au moins ; d'ordinaire il est seul, mais parfois on en trouve deux superposés radialement ou même placés côte à côte.

Dans cette racine, les assises sus-endodermiques présentent une sclérification très marquée qui donne naissance à un anneau continu formé de cinq à six assises. Cet anneau très dense entoure un anneau clair formé par les assises endodermiques dont les cellules au lieu d'être aplaties sont allongées et à parois minces.

Blysmus compressus. — En dedans du péricycle simple, naît le premier tube criblé dont la forme devient quadrangulaire ou pentagonale, suivant que la cloison qui lui donne naissance a été oblique ou tangentielle. En prenant sa différenciation maximum ce tube acquiert une taille à peu près égale à celle des cellules libériennes, mais reste toujours plus petit que les cellules voisines du conjonctif. En dedans des deux cellules libériennes se développe directement le tube criblé interne qui devient très large. Souvent, il y a une troisième cellule libérienne, provenant du dédoublement de l'une des deux cellules primitives et alors cette troisime cellule est située en dedans du premier tube criblé qu'elle sépare du second. Le tube interne est rarement unique, d'ordinaire, il y a trois tubes criblés groupés en arc en dedans des deux cellules libériennes. Tous ces tubes internes se transforment directement et lors de leur différenciation maximum leur membrane est très épaisse et fortement colorée. Quand il y en a plusieurs, la taille de chacun d'eux est inférieure à celle que présente le tube unique, mais elle est encore un peu supérieure à celle des cellules libériennes; il se peut d'ailleurs que l'un des trois ait une taille plus grande que celle des deux autres.

Carex ligerine (Fig. 18 et 19, pl. VI). — A la base de la coiffe, le conjonctif est uniforme, toutefois l'assise externe (*p*, fig. 18) se distingue par l'allongement de ses cellules qui tranchent avec les cellules courtes et élargies de l'endoderme (*e*).

Le premier tube criblé (*t*) se forme, comme chez les Graminées par le cloisonnement oblique d'une cellule mère, située en dedans de l'assise péricyclique unique; toutefois

cette formation présente quelques différences qu'il convient d'indiquer. Quelquefois la cloison de séparation du tube criblé est tangentielle, alors le tube est superposé à sa cellule sœur et cette dernière est facile à reconnaître de sa voisine. En outre cette cellule sœur présente une modification de sa membrane analogue à celle du tube criblé, et, à l'aide du brun Bismarck, elle prend une coloration foncée qui la fait reconnaître même dans les cas où elle offre avec sa voisine la plus parfaite symétrie. C'est là une particularité sur laquelle il convient d'insister, car elle montre que la cellule sœur du tube criblé participe plus étroitement à la constitution du système criblé que l'autre cellule libérienne, et si dans la plupart des Graminées, ces deux cellules sont semblables de forme et de position, il faut peut-être ne pas accorder beaucoup d'importance à cette similitude qui n'est point confirmée par l'origine.

Le péricycle se comporte d'une manière analogue à celle que nous avons rencontrée chez beaucoup de Graminées. Celles de ses cellules qui emboîtent le premier tube criblé grandissent plus que toutes les autres ; celles qui sont en face des faisceaux ligneux demeurent au contraire plus courtes et plus étroites. Çà et là, on voit une de ces dernières cellules se cloisonner tangentiellement.

Le premier tube criblé acquiert sa différenciation maximum en prenant une forme quadrangulaire plus ou moins régulière. Un peu après qu'il a perdu les caractères de sa différenciation maximum, on ne peut encore distinguer sûrement le second tube criblé que dans des cas particuliers, car il ne présente avec les cellules voisines aucune différence de taille ; cependant, il est d'ordinaire plus ou moins arrondi, tandis que celles-ci sont encore polygonales. A ce moment, on ne trouve d'ailleurs aucune trace de différenciation des vaisseaux. Sur une série de coupes, on peut voir deux faisceaux libériens accolés, leurs cellules libériennes sont au contact sans interposition entre elles d'aucune autre cellule.

La cellule péricyclique la plus petite se transforme peu à peu en vaisseau, elle s'arrondit, sa paroi s'épaissit, la cellule qui est située en dedans d'elle s'arrondit aussi pour se transformer en un second vaisseau qui, comme cela avait lieu chez les Graminées, est beaucoup plus grand que le précédent. Toutefois il semble bien que le développement soit ici centripète ; il est vrai que dans le cas où la cellule péricyclique se dédouble tangentiellement l'ordre d'apparition des éléments est centrifuge, puisque la cellule qui doit donner naissance au grand vaisseau du bois est formée alors que la cellule péricyclique ne s'est pas encore cloisonnée pour donner naissance aux deux cellules qui seront les petits vaisseaux externes. Normalement, il y a un petit vaisseau péricyclique touchant l'endoderme et un vaisseau du bois plus grand accolé à la face interne du premier ; mais il peut y avoir deux petits vaisseaux péricycliques ; il est vrai que par contre le grand peut exister seul et être séparé de l'endoderme par un élément péricyclique non transformé en vaisseau. Enfin dans le cas où il y a deux cellules péricycliques, il se peut que ce soit la plus externe seulement qui se transforme en vaisseau, et celui-ci est séparé du vaisseau du bois par l'autre cellule demeurée parenchymateuse.

Sur les coupes colorées en brun, le faisceau libérien se détache nettement à un âge un peu avancé, tous ses éléments prennent une coloration plus foncée que le conjonctif, le second tube criblé (t') surtout est aussi foncé que le grand vaisseau du bois dont il a presque la taille. Le nombre des tubes criblés internes varie.

Carex stipata. — Le péricycle à l'origine est formé de cellules petites et serrées les unes contre les autres, peu différentes d'ailleurs des cellules sous-jacentes, mais assez distinctes des cellules endodermiques plus larges et formant avec les assises corticales sus-endodermiques des séries radiales régulières. En dedans du péricycle demeuré simple, le premier tube criblé se forme par le

cloisonnement de la cellule mère, et il est déjà bien distinct au niveau où la coiffe offre encore deux assises d'épaisseur. La direction de la cloison qui le détache est moins constante que dans les Graminées, et il en résulte que le tube criblé se présente avec une forme variable. Cette direction de la cloison varie d'ailleurs dans le même faisceau, car on trouve une cellule mère à cloison tangentielle faisant suite à une cellule mère dans laquelle la cloison présente l'obliquité caractéristique des Graminées, c'est-à-dire l'inclinaison à 45° sur le plan diamétral.

A la base même de la coiffe, le premier tube criblé acquiert sa différenciation maximum, il s'arrondit et prend une forme ellipsoïdale dont le grand diamètre est tangentiel si la cloison était elle-même tangentielle, et radiale si la cloison avait elle-même cette direction. Les deux cellules libériennes, qui sont de part et d'autre de ce tube criblé, n'ont aucun caractère qui les fasse distinguer des cellules voisines. Le second tube criblé se différencie directement, plus tard, et acquiert une taille égale à celle des vaisseaux auquel il ressemble beaucoup à un certain moment. Toutefois, tandis que le vaisseau est rond ou ellipsoïde à grand diamètre radial, le second tube criblé est ellipsoïde à grand diamètre tangentiel. De plus, çà et là, on peut trouver deux tubes criblés internes côte à côte ou plus rarement superposés.

Sur de grosses racines, on observe une multiplication des éléments libériens, cellules et tubes internes, qui peut porter à sept ou huit le nombre des éléments composant un faisceau. Ces îlots libériens sont susceptibles de prendre, sous l'action des réactifs, une coloration foncée qui les fait aisément reconnaître. Cela a lieu en particulier pour les tubes criblés internes, au moment de leur différenciation maximum.

Naïadacées. — La structure du faisceau libérien a été étudiée dans un certain nombre de plantes de cette famille

par plusieurs auteurs (1) qui ont donné des figures où ces faisceaux sont exactement représentés. Le faisceau libérien est caractérisé par sa simplicité et sa régularité ; il n'y a pas de péricycle car le tube criblé touche l'endoderme.

Najas major. — La stèle est formée, à son origine, par deux assises de cellules concentriques entourant une cellule axile ronde et de diamètre plus grand que les autres. Cette cellule axile est un vaisseau médullaire. Les autres cellules se cloisonnent diversement ; la cellule mère, située ici au contact de l'endoderme, se divise par une cloison oblique donnant naissance à un tube criblé qui prend une forme losangique, en s'intercalant entre les deux cellules endodermiques qui lui sont superposées. Mais très souvent, la direction de la cloison qui détache le tube criblé est tangentielle, et ce dernier est alors pentagonal et superposé exactement à sa cellule sœur qui est généralement de forme quadrangulaire.

Najas minor (fig. 20 et 21, pl. VII). — Dans l'exemple qui a été étudié (fig. 20), la stèle présente trois cellules centrales qui s'arrondissent, pendant que les autres demeurent polygonales, et qui acquièrent aussi une taille un peu supérieure à celle des cellules qui les entourent. Les cellules de l'assise externe s'allongent dans le sens radial, puis en des points équidistants, une des cellules de cette assise se divise par une cloison tangentielle donnant vers l'extérieur un tube criblé (*t*, fig. 20) de forme pentagonale, avec une face interne à laquelle est accolée sa cellule sœur (*a*). Peu après sa formation, le tube criblé acquiert sa différenciation maximum et sa paroi se distingue nettement, ainsi que le montre la figure 21 qui représente cet état. Dans cette espèce la direction de la cloison qui détache le tube criblé est tangentielle dans la plupart

(1) H. Schenck, *Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse*, Cassel. 1886.
C. Sauvageau, *Sur la racine du Naïas* (Journ. de bot., 1889). *Contribution à l'étude du système mécanique dans la racine des plantes aquatiques* (Ibid.),

des cas, ce n'est qu'exceptionnellement qu'elle est inclinée de 45° sur le plan diamétral et donne par suite naissance à un tube criblé de forme losangique. Il ne se développe aucun autre élément criblé, et le faisceau libérien est réduit à ce premier tube criblé pentagonal et à sa cellule sœur rectangulaire qui est située en dedans de lui. C'est pour cette raison que l'on peut facilement, même sur une racine âgée, constater la présence de ce premier tube criblé dont le diamètre n'est pas diminué.

Potamogeton natans (fig. 22, pl. VII). — Au centre de la stèle une cellule grandit plus que les autres et s'arrondit pour donner un vaisseau médullaire axile (*v*). Toutes les autres cellules sont disposées autour de ce vaisseau sur deux rangs concentriques. En des points équidistants, généralement au nombre de cinq, une cellule de l'assise externe de la stèle se cloisonne pour donner naissance au premier tube criblé (*t*), mais comme la cloison de séparation a une direction tangentielle, le tube est pentagonal avec une face interne et un angle externe intercalé entre les deux cellules endodermiques. Ce tube acquiert peu à peu les caractères distinctifs de sa différenciation maximum, puis ces caractères vont s'atténuant, mais le tube n'en demeure pas moins distinct toujours, grâce à cette particularité que n'étant suppléé par aucun autre élément criblé, il conserve sa forme pendant toute la durée de la racine. En effet, en dedans de ce premier tube criblé il ne se différencie ultérieurement aucun autre élément criblé et le faisceau libérien est réduit à un tube pentagonal exactement superposé à une cellule libérienne de même forme, mais inversement disposée, qui est sa cellule sœur.

Aroïdées. — *Calla palustris* (fig. 23, pl. VII). — Très près du sommet le péricycle (*p*) est formé d'une assise régulière de cellules un peu élargies tangentiellement. Au centre, il y a une grande cellule régulièrement polygonale entourée de sept ou huit autres cellules de même taille. Entre ces dernières et le péricycle, il y en a d'autres plus petites qui sont dispo-

sées sur une et deux assises alternativement. Puis les cellules péricycliques se différencient un peu, certaines d'entre elles s'allongent, tandis que d'autres restent courtes, et, comme leur alternance est régulière, l'assise péricyclique prend vers l'intérieur un aspect ondulé; aux cellules allongées correspondront les faisceaux du bois, et, à l'inverse de ce que nous avons vu chez la plupart des Graminées, les faisceaux libériens seront superposés aux cellules courtes. Les grandes cellules centrales se disposent un peu plus irrégulièrement et se cloisonnent çà et là, les cellules qui les entourent grandissent de telle sorte que l'on peut passer sans transition des cellules péricycliques aux cellules du centre. A ce moment, toutes les cellules de la stèle se cloisonnent sans que l'on puisse saisir une orientation dans leur cloisonnement. Bientôt, un certain nombre de cellules, plus ou moins irrégulièrement espacées entre elles, acquièrent une taille notablement supérieure à celle de leurs voisines et cessent de se cloisonner, alors que les cellules placées entre elles se divisent encore. Ce sont les grands vaisseaux (V), mais comme ici ils sont en concordance avec les faisceaux du bois, on ne saurait les distinguer plus tard comme vaisseaux médullaires. La portion de stèle située en dehors de chacun de ces grands éléments paraît se diviser moins que les régions intermédiaires; toutefois, il m'est arrivé de constater, au contact du péricycle, la formation d'une cloison oblique rappelant celle qui produit le premier tube criblé chez les Graminées, et cela en un point du futur faisceau du bois.

Au contraire, vis-à-vis des points où vont se différencier les faisceaux libériens, on voit les cellules sous-péricycliques se cloisonner tangentiellement; et d'ordinaire, il y a deux ou trois cellules situées côte à côte qui se dédoublent ainsi, mais l'une seulement évolue en tube criblé. C'est la cellule placée d'ordinaire en dedans des deux plus petites cellules péricycliques qui se transforme en tube criblé (*t*). Sa forme est pentagonale, son angle externe s'intercale entre les deux petites cellules péricycliques et sa face interne

est généralement aussi grande que les autres. Quand le cloisonnement de la cellule mère est tangentiel, la cellule (*a*) qui est superposée à la face interne du tube criblé est sa cellule sœur; mais quand la cloison est dirigée autrement, il est souvent difficile de reconnaître cette cellule sœur. Parfois le premier tube criblé présente un angle interne, mais il est néanmoins pentagonal, car son angle externe est remplacé par une face plane et il s'applique au milieu d'une cellule péricyclique, au lieu de se trouver à l'intersection de deux cellules péricycliques. La cellule qui est appliquée à la face interne du premier tube criblé peut, après la différenciation de ce dernier, se diviser par une cloison tangentielle, comme le font les autres cellules encore méristématiques de la région libérienne, ce qui montre qu'elle n'est point encore individualisée.

En grandissant, les grands vaisseaux internes que nous avons déjà signalés s'allongent radialement; il en est de même des cellules qui les séparent du péricycle. Ces dernières cellules, au nombre de deux d'ordinaire, se différencient en vaisseaux, et, si leur apparition est plus tardive que celle des grands vaisseaux internes, leur différenciation en tant que vaisseaux est au contraire plus hâtive. Parfois, il n'y a qu'un seul vaisseau en dehors du grand vaisseau interne. En dehors du faisceau du bois, on voit quelquefois une ou deux des grandes cellules péricycliques qui les touchent se dédoubler par une cloison tangentielle.

Dans chaque faisceau libérien le cloisonnement continue après la différenciation maximum du premier tube criblé, mais, tandis qu'il est sans orientation fixe dans la partie centrale de l'îlot libérien, sur son pourtour, les cloisons se disposent parallèlement au bord du faisceau en chaque point. A cet état du développement, le premier tube criblé présente, de chaque côté de lui, un élément qui demeure parenchymateux, mais n'acquiert jamais de cloisons criblées. Ces deux éléments ont à peu près la même longueur que le tube criblé, mais ils sont plus étroits et disposés symétrique-

ment par rapport à lui ; ils font partie du faisceau libérien et doivent être considérés comme étroitement liés au premier tube criblé. En effet, dans les cas exceptionnels où un même faisceau libérien comprend deux tubes criblés externes accolés au péricycle, ces deux tubes possèdent chacun leurs cellules annexes semblables et semblablement placées. Ces éléments étudiés en coupe longitudinale présentent des cloisons transversales assez rapprochées, mais obliques et fortement incurvées.

Contrairement à ce qui arrive d'ordinaire le premier tube s'accroît en diamètre, de façon à devenir plus grand que les autres éléments libériens, mais le crible demeure très finement ponctué et difficile à voir. Pendant ce temps les éléments placés en dedans de lui se différencient en tubes criblés, mais les cribles de ces nouveaux tubes sont toujours peu distincts, en raison de la finesse des ponctuations et de la minceur de la cloison criblée. Ces tubes internes sont accolés les uns aux autres et touchent directement le premier tube criblé ; ils sont en nombre assez variable, formant un îlot homogène entouré par une gaine qui se sclérifie plus tard.

Monstera deliciosa (fig. 24, pl. VII). — Ce qui caractérise en particulier le liber de cette plante, c'est que l'on voit très souvent apparaître deux premiers tubes criblés (*t*) accolés l'un à l'autre au contact du péricycle (*p*). Ces deux tubes résultent souvent de la bipartition de la même cellule mère ainsi qu'on peut le constater sûrement dans bien des cas. C'est là un fait intéressant à signaler, car c'est la première fois que nous rencontrons cet accolement direct de deux tubes criblés externes (produits directement aux dépens de leur cellule mère). Les tubes criblés internes (*t'*) se différencient dans chaque faisceau par voie centripète ; leur nombre est d'ordinaire supérieur à celui des cellules libériennes qui sont irrégulièrement intercalées entre eux. Leur taille varie assez régulièrement en allant de l'intérieur vers le bord interne du faisceau, où elle est plus grande et où ils se trouvent à l'exclusion de toute cellule libérienne.

Une autre particularité de cette racine, c'est la présence de tubes criblés médullaires très larges entourés d'une gaine de cellules étroites qui ont été signalés par M. Van Tieghem (1).

C'est très près du sommet de la racine, au moment où les premiers tubes criblés externes vont acquérir leur différenciation maximum, que ces tubes criblés médullaires commencent à se différencier. Ils dérivent d'une cellule du conjonctif encore à l'état de méristème, qui a un diamètre égal à celui des cellules voisines quand commence sa différenciation. Puis, à mesure que sa paroi acquiert ses caractères particuliers, ce tube s'élargit et les cellules qui l'entourent se disposent autour de lui en rayonnant plus ou moins régulièrement. Ce faisant, ces cellules se cloisonnent sans avoir dépassé la taille des autres cellules du conjonctif, ce qui amène la formation d'une douzaine de petites cellules (*a'*) disposées en une gaine plus ou moins régulière autour du tube criblé (*t'*). Les cellules de bordure primitives ne se cloisonnent pas toutes de la même façon : les unes se cloisonnent dans le sens radial (le centre du tube criblé étant considéré comme centre de figure), tandis que les autres, plus nombreuses, se cloisonnent tangentiellement et, suivant que ce cloisonnement est simple ou répété dans une cellule déterminée, il y une ou plusieurs assises de cellules produites au point considéré. Ces particularités expliquent l'aspect que présentent plus tard ces îlots criblés. En effet, certains de ces îlots sont constitués par un grand tube criblé de forme circulaire enveloppé par une assise uniforme de petites cellules ; d'autres offrent un grand tube de forme irrégulière entouré par une gaine de petites cellules qui sont, en certains points, disposées sur plusieurs assises. Enfin, il peut arriver aussi que la cellule mère du tube criblé se dédouble et l'on a alors deux tubes criblés accolés et entourés par une gaine commune de petites cellules. On rencontre de ces îlots criblés

(1) *Loc. cit.*

médullaires dans le voisinage des faisceaux libériens. Il arrive même parfois que leur situation est telle que, quand le faisceau libérien a achevé son développement, il vient toucher par son bord interne un îlot criblé qui paraît dès lors faire partie intégrante de ce faisceau. Mais, même dans ce cas, on doit distinguer ce large tube criblé comme tube criblé médullaire, car sans cela il faudrait admettre que certains faisceaux libériens du *Monstera deliciosa* ont deux centres de développement et procèdent à la fois par voie centripète et par voie centrifuge.

Philodendron bipinnatifidum. — Au début la stèle est assez homogène, toutefois les vaisseaux internes se font vite reconnaître par leur taille qui dépasse notablement celle de tous les autres éléments ; on peut souvent constater que les trois ou quatre cellules situées en dehors d'eux sont disposées en file radiale indiquant déjà les futurs faisceaux du bois. En dehors de ces éléments, tous les autres sont en voie de cloisonnement irrégulier ; quelquefois le cloisonnement frappe encore la cellule la plus externe de la file vasculaire alors que les quatre cellules plus internes ont un diamètre plus grand et subissent un commencement de différenciation. Ceci montre que l'ordre de formation des éléments du faisceau ligneux est centrifuge alors que sa différenciation ultérieure s'accomplit par voie centripète.

Le péricycle a ses cellules peu différentes des autres cellules du conjonctif, mais celles de l'endoderme en diffèrent par leur aplatissement. Le cloisonnement se poursuit activement dans les régions de la stèle intermédiaires aux faisceaux ligneux, mais on ne peut, à ce moment, distinguer le premier tube criblé par son mode de cloisonnement, car il se fait de façon peu régulière. Ce n'est que quand ce tube acquiert sa différenciation maximum qu'on peut le reconnaître sûrement comme tel. C'est sous la coiffe, à un niveau où son épaisseur est de quatre assises, que se fait cette différenciation. Le premier tube criblé se montre au bord externe de l'îlot formé par les cellules les plus petites de la stèle, il

est de forme quadrangulaire avec un angle externe intercalé entre deux cellules péricycliques. Souvent sa forme est pentagonale et quelquefois hexagonale, et au lieu d'être placé à l'intersection de deux cellules péricycliques, il est accolé au milieu de la face interne de l'une d'elles. Sa taille varie avec sa forme et sur la même coupe l'un peut avoir une taille double de celle d'un autre.

Bientôt après, un second tube criblé se différencie; ce nouveau tube est situé contre le péricycle, comme le premier dont il est séparé par une cellule de même forme que la sienne, mais dont la membrane demeure mince et terne et qui n'acquiert point de cribles. Parfois il se fait ainsi trois et même quatre tubes criblés touchant le péricycle et deux d'entre eux peuvent se différencier côte à côte sans être séparés par aucun autre élément. Par contre, il peut arriver qu'un seul tube criblé se produise au contact du péricycle; dans ce cas, il occupe le milieu de la face externe de l'îlot des petites cellules. Au moment de la différenciation de ces premiers tubes criblés, tous les autres éléments de l'îlot libérien qui ne paraissent plus se cloisonner sont semblables entre eux, de telle sorte qu'on ne saurait dire quels sont ceux qui doivent évoluer en tubes criblés. A ce niveau, la coiffe présente deux assises et les faisceaux du bois n'ont pas subi de modifications bien sensibles. La différenciation des éléments libériens se poursuit ensuite rapidement par voie centripète, mais en dehors de cette marche toujours facile à reconnaître, on ne peut constater aucune régularité dans le nombre et la disposition des tubes criblés internes. Quelques-uns sont séparés l'un de l'autre par une cellule, plus rarement par deux cellules libériennes, les autres sont accolés les uns aux autres sans interposition d'aucune cellule et occupent toute la région centrale du faisceau.

De leur côté les faisceaux ligneux se différencient et les vaisseaux externes sont déjà lignifiés alors que les grands vaisseaux internes ont encore leur membrane mince et cellulosique.

Dans cette racine les tubes criblés ont un diamètre à peu près égal à celui des cellules libériennes, mais au niveau des cloisons transversales, ils se renflent quelquefois. Ces cloisons sont soit horizontales, soit très obliques, et tantôt très planes, tantôt plus ou moins ondulées, mais toujours les pores qui les traversent y sont disposés uniformément.

Si, au lieu d'étudier une racine de faible diamètre, on étudie des racines plus grosses, on trouve des faisceaux libériens plus développés à éléments plus nombreux, présentant dans leur ensemble une forme plus allongée, avec des tubes criblés de grande taille placés à leur pointe interne.

Richardia africana. — La stèle a d'abord toutes ses cellules à peu près semblables, puis le cloisonnement se localise vers la périphérie en des points correspondant aux faisceaux libériens, pendant que certaines cellules à égale distance du centre et de l'endoderme grandissent plus que les autres, pour devenir plus tard les grands vaisseaux internes du bois. Le premier tube criblé apparaît en dedans de l'assise péricyclique qui est simple et dont les cellules ne se distinguent pas des autres cellules du conjonctif.

A son début, ce tube criblé est polygonal et sa taille est semblable à celle des cellules qui l'entourent, aussi est-il peu facile à reconnaître alors, mais peu à peu sa paroi s'épaissit en même temps que sa forme s'arrondit plus ou moins irrégulièrement, et lorsqu'il a acquis sa différenciation maximum, il est des plus distincts. Il est le plus grand des éléments qui se trouvent à la périphérie de la stèle et il est entouré par cinq cellules qui lui forment un anneau qui rappelle, au premier abord, l'anneau constitué par les cellules de bordure d'un canal sécréteur. De ces cinq cellules les deux externes, un peu plus grandes que les autres, sont péricycliques ; les deux latérales sont des cellules libériennes qui demeurent parenchymateuses, tandis que l'interne évolue directement en tube criblé. En dedans de ce second tube criblé et des deux cellules libériennes, il y a un îlot assez régulièrement arrondi d'éléments qui se différencient à leur tour par voie

centripète en tubes criblés. Le nombre de ces tubes criblés varie comme d'ordinaire avec la grosseur des racines, mais on en trouve fréquemment six ou sept de taille à peu près semblable pour chaque faisceau. En avançant en âge, le premier tube criblé, comprimé par les éléments qui l'entourent, reprend sa forme polygonale, puis la compression augmentant en même temps que son activité propre diminue, sa cavité se rétrécit, ses faces deviennent très fortement concaves, et, sous ce nouvel aspect, il demeure encore l'élément le plus caractéristique du faisceau libérien.

Dieffenbachia costata (fig. 25, pl. VII). — La stèle est formée, à l'extrémité de la racine, de cellules polygonales qui sont plus petites vers la périphérie, surtout en quatre points équidistants où le cloisonnement est plus actif et aboutit à la production de quatre îlots arrondis formés de cellules plus petites.

Sur le bord externe de chacun de ces îlots, se montrent deux premiers tubes criblés séparés l'un de l'autre au moins par une cellule. Parfois la cloison de la cellule mère est tangentielle et le tube est losangique, mais souvent elle est orientée autrement et le tube est pentagonal, de telle sorte que ce n'est que lors de leur différenciation maximum que ces tubes peuvent être reconnus.

En dedans de ces premiers tubes il se fait de nouveaux tubes criblés aux dépens des petites cellules déjà formées, ces tubes sont irrégulièrement entremêlés de cellules libériennes, et le nombre des éléments du faisceau libérien est en rapport avec le diamètre de la racine.

Anthurium cristallinum. — Dans une racine aérienne, très près de l'extrémité, la stèle se trouve formée de nombreuses cellules serrées, un peu plus petites vers la périphérie où le péricycle n'est pas distinct. Un certain nombre de cellules assez également espacées dans la région moyenne, destinées à évoluer en vaisseaux internes, acquièrent déjà une taille plus grande que les autres éléments ; en dehors de chacune de ces grandes cellules on peut voir bientôt une file radiale

formée d'éléments un peu plus grands, première ébauche du faisceau ligneux, tandis que dans les régions intercalaires la division se poursuit plus longtemps, produisant autant d'îlots formés de nombreuses cellules plus petites.

Sur le bord externe de chacun de ces îlots, au contact du péricycle formé d'une seule assise, on voit se différencier un premier tube criblé. C'est grâce à la différenciation spéciale de sa paroi qu'on peut le distinguer, car sa forme polygonale et sa taille demeurent semblables à celles des cellules qui l'entourent. Bientôt après, un autre tube criblé se différencie, et ce nouveau tube est situé également au contact du péricycle, quelquefois il est séparé du premier par une cellule de même forme.

Il peut arriver que l'on ait ainsi deux tubes criblés accolés au péricycle, mais souvent aussi il y en a trois et même quatre parfois. Tous ces tubes criblés ont une forme pentagonale allongée radialement, et ils sont situés tantôt à l'intersection de deux cellules péricycliques, tantôt au milieu de la face interne de l'une d'elles. Quand il y a ainsi plusieurs tubes criblés accolés au péricycle, ils sont souvent placés côte à côte sans interposition d'aucune cellule libérienne, et dans beaucoup de cas il est évident que les deux cellules provenant du même cloisonnement ont évolué pareillement en tubes criblés. Un peu après, ce sont les cellules de l'assise placée en dedans de ces premiers tubes criblés qui acquièrent à leur tour leur différenciation maximum et le nombre en est un peu supérieur. Ces nouveaux tubes ont à leur tour des caractères semblables aux premiers, ils sont ou superposés ou intercalés plus ou moins irrégulièrement à ceux-ci, et, soit séparés l'un de l'autre par une ou deux cellules libériennes, soit accolés ensemble par deux, par trois ou même davantage.

A ce moment les vaisseaux externes ont épaissi leur paroi et se montrent au nombre de deux bien différenciés, soit côte à côte et de même grandeur, soit en superposition l'interne étant un peu plus grand ; il peut même y avoir trois

ou quatre de ces vaisseaux côte à côte au contact du péricycle.

Ensuite les tubes criblés se différencient dans la troisième assise du faisceau libérien ; toutefois il ne faudrait pas croire que cette différenciation marche avec une grande régularité, car les cellules du faisceau libérien produites par des cloisonnements irréguliers sont elles-mêmes irrégulières et non disposées en assises, aussi la ligne formée par les tubes criblés en voie de différenciation est disposée en zigzag.

Les cellules centrales du conjonctif sont devenues plus nettement polygonales ainsi que les cellules péricycliques, les cellules de l'endoderme se sont élargies un peu, mais la démarcation entre elles est peu marquée. La différenciation du liber se poursuit par voie centripète, l'îlot libérien qui avait au début une forme presque circulaire prend un allongement très accentué et arrive à se terminer en pointe. Les éléments libériens ont une taille qui croît assez régulièrement de la périphérie vers le centre ; aussi les tubes criblés placés à la pointe du faisceau ont-ils un diamètre qui égale celui des cellules médullaires, et qui est environ trois fois plus grand que celui des tubes externes. Dans les faisceaux, ainsi que nous l'avons déjà dit, la disposition des tubes criblés et des cellules libériennes est irrégulière ; les tubes sont plus nombreux que les cellules et existent seuls vers la pointe du faisceau.

Les faisceaux ligneux continuent aussi leur différenciation centripète et forment des lames radiales assez régulières où les grands vaisseaux internes sont séparés, seulement par quelques cellules, des autres vaisseaux qui sont de plus en plus petits à mesure qu'ils sont plus externes.

Acorus gramineus. — La première différenciation que l'on puisse constater dans la stèle est offerte par un certain nombre de cellules inégalement espacées autour du centre qui prennent de suite une plus grande taille. En dehors de chacun de ces grands vaisseaux, deux des cellules disposées en file radiale grandissent à leur tour un peu plus que leurs voisines indiquant les futurs vaisseaux ligneux.

Entre les faisceaux ligneux, en dedans du péricycle, on voit un îlot de cellules polygonales de forme semblable au début. Parfois on voit naître le premier tube criblé qui se détache par une cloison à la façon habituelle et acquiert très vite sa différenciation maximum; il naît ainsi pour chaque faisceau libérien deux premiers tubes criblés accolés au péricycle et séparés l'un de l'autre par deux ou plusieurs cellules. Mais très souvent aussi ces premiers tubes criblés n'affectent, lors de leur formation, aucune disposition spéciale et ils ne peuvent être distingués comme tels qu'à partir du moment où leur membrane acquiert ses caractères particuliers, car dès leur naissance ils ont la forme et les dimensions des cellules qui les entourent.

Le faisceau libérien est large, mais l'assise externe ne produit d'ordinaire que deux tubes criblés, l'assise placée en dedans en fournit davantage qui se différencient directement un peu plus tard et il en est ainsi de la troisième assise. Quand le faisceau libérien est achevé, il se présente sous forme d'un îlot arrondi séparé du faisceau ligneux voisin par une ou deux assises de cellules conjonctives. Dans chaque faisceau libérien il y a un certain nombre de cellules, mais ces cellules sont réparties irrégulièrement parmi les tubes criblés, de telle sorte que sur les coupes longitudinales on voit trois et quatre tubes criblés accolés l'un à l'autre sur toute leur longueur, sans interposition d'aucune cellule libérienne.

Typhacées. — *Sparganium simplex* (fig. 27, pl. VII). — La stèle présente des cellules polygonales assez semblables entre elles, à l'exception de deux ou trois cellules (*v*) placées dans la région centrale qui ont un diamètre beaucoup plus grand et sont arrondies. L'assise externe se différencie peu à peu, ses cellules s'allongent radialement et acquièrent une taille plus grande formant un anneau bien distinct.

En dedans de ce péricycle apparaît le premier tube criblé par cloisonnement de sa cellule mère. Chaque tube (*t*) est assez éloigné de son voisin, car il y a d'ordinaire six de ces

tubes; la direction de la cloison n'est pas constante, aussi à côté d'un tube criblé nettement losangique, on en voit de pentagonaux, et dans ce cas, la cellule sœur du tube criblé est semblable à ce dernier et lui est accolée, ou bien elle lui est superposée, et alors elle est rectangulaire le plus souvent. Chaque premier tube criblé acquiert sa différenciation maximum; pendant ce temps, des cloisonnements peuvent frapper les cellules situées en dedans de l'îlot libérien dont les cellules sont devenues un peu plus petites que les autres cellules du conjonctif. La différenciation maximum est achevée au niveau où la coiffe présente encore trois assises d'épaisseur.

En dedans du premier tube criblé, les éléments se différencient par voie centripète donnant de nouveaux tubes criblés au nombre de quatre à six dont l'ensemble forme un faisceau irrégulièrement arrondi. Plus tard, tous ces tubes criblés ont sensiblement même taille et même aspect, tandis que les autres cellules du conjonctif sont un peu plus larges.

Pandanées. — *Pandanus furcatus* (fig. 28, pl. VII). — Sur une radicelle de faible diamètre, la stèle, considérée au niveau très voisin de l'extrémité où la coiffe présente six assises d'épaisseur, offre un certain nombre de cellules ayant une taille double de celle des éléments qui les entourent; ces cellules situées plus ou moins régulièrement en cercle à égale distance du centre et de l'endoderme sont les futurs vaisseaux internes. Tous les autres éléments de la stèle sont à peu près semblables, toutefois vers la périphérie où la division est plus active, ils sont plus serrés et plus petits que vers le centre. L'assise externe de la stèle a ses cellules très aplaties radialement, ce qui tend à la faire confondre avec l'endoderme dont les cellules sont également aplaties, mais un peu plus larges. En dehors l'écorce, dans sa région moyenne, offre de grandes cellules à raphides.

A ce niveau, le premier tube criblé est encore indistinct comme tel, mais il ne tarde pas à se différencier et un peu plus

tard, au point où la coiffe n'a plus que trois assises, il a acquis les caractères différentiels qui permettent de le déterminer sûrement. L'assise péricyclique s'est dédoublée et il est intercalé au point d'union de deux cellules de l'assise interne. En différenciant sa paroi, il accroît son diamètre et comprime vers l'extérieur ces deux cellules qui s'aplatissent, dans leur portion contiguë au type criblé, et forment une sorte de coussinet dans lequel le tube criblé se trouve presque complètement enfoncé. Ce tube a une forme polygonale, d'ordinaire pentagonale, et un contour très accentué dépassant la taille des cellules qui le touchent et dont la forme est généralement aplatie dans un sens ou dans l'autre. Quelquefois ce premier tube criblé n'est séparé de l'endoderme que par une seule cellule péricyclique, et alors il se trouve adossé au milieu de la face interne de cette cellule ; il se peut d'ailleurs qu'il soit situé pareillement au milieu de la face interne d'une cellule de l'assise interne du péricycle, quand celui-ci est dédoublé, mais ce cas est rare.

Un peu plus tard, vers la base de la coiffe, un second tube criblé se différencie en dedans du premier ; tantôt ce nouveau tube se trouve appliqué exactement contre la face interne du premier, de façon que les deux tubes paraissent provenir du cloisonnement tangentiel de la même cellule du méristème; tantôt il le touche seulement par une face latérale ou même seulement par le sommet d'un de ses angles. A ce moment le premier tube criblé s'est étiré, dans le sens de la longueur de la racine, en diminuant de section, sa paroi s'est amincie et dès lors il devient de moins en moins distinct des cellules qui l'entourent. Plus tard il se fait de nouveaux tubes criblés qui apparaissent de plus en plus internes, mais leur nombre demeure peu élevé, car le faisceau libérien est étroit, et dans la racine considérée, ce nombre est de six en moyenne.

Dans la portion externe du faisceau, il y a quelques cellules, situées de part et d'autre du premier tube criblé, qui demeurent parenchymateuses, tandis que dans sa portion

interne il n'y a que des tubes criblés ; quand la différenciation des tubes criblés est à peu près achevée, l'assise qui entoure immédiatement le faisceau libérien se sclérifie, lui formant une gaine scléreuse continue. En dehors du faisceau c'est l'assise interne du péricycle qui se sclérifie ainsi, mais plus tard, le conjonctif tout entier se sclérifie, et seuls les éléments libériens conservent leur paroi mince.

Si la racine étudiée est grosse, la constitution du faisceau libérien peut être différente. En effet, à côté de faisceaux (*f*) semblables à ceux que nous venons de décrire dans une racine grêle, on en trouve d'autres plus larges (*f'*) où les tubes criblés sont plus nombreux. Tantôt il se forme au contact du péricycle un autre tube criblé séparé du premier par une cellule libérienne ; d'autres fois, trois tubes criblés se développent au contact du péricycle et sont accolés l'un à l'autre sans interposition d'aucune cellule intermédiaire. La différenciation de ces tubes se fait successivement, mais à intervalles assez courts pour qu'on puisse constater, à la fois sur eux tous, les caractères de différenciation maximum.

Les tubes criblés libériens ne sont pas les seuls éléments criblés que possède la racine du *P. furcatus*. En effet, cette racine développe dans sa région médullaire des tubes criblés analogues à ceux que nous avons déjà étudiés chez le *Monstera deliciosa*. Pour observer aisément ces formations médullaires, il convient de s'adresser de préférence à de grosses racines comme le sont souvent les racines aériennes. Nous venons de voir que le nombre des éléments criblés constituant le faisceau varie avec la grosseur de la racine considérée; il en est de même des éléments criblés médullaires. Sur une telle racine on verra dans la moelle des îlots vasculaires et des îlots criblés. Ces derniers sont constitués par un très large tube criblé entouré de cellules petites, disposées en une assise assez régulière. Ces larges tubes criblés se forment directement aux dépens de la cellule du méristème, ainsi que nous l'avons indiqué dans le cas du *Monstera deliciosa*. Ces tubes criblés médullaires ont des cloisons de séparation

très obliques qui présentent un grand nombre de plages criblées dont les pores sont grands et faciles à voir. Quand la différenciation de chacun de ces îlots criblés est achevée, les cellules voisines se modifient et l'entourent d'une gaine scléreuse semblable à celle qui entoure chaque faisceau libérien ; plus tard, la sclérification envahit le conjonctif tout entier.

Triglochinées. — *Triglochin palustris* (fig. 29, pl. VIII). — Au début, la stèle est formée d'une cellule axile (*v*) entourée de deux assises de cellules polygonales assez régulières. Tandis que la cellule axile s'arrondit et grossit beaucoup, en trois points également espacés, l'une des cellules de l'assise externe se divise par une cloison tangentielle et donne vers l'extérieur un tube criblé (*t*), à la face interne duquel est accolée sa cellule sœur (*a*). Ce premier tube criblé pentagonal est le seul élément criblé du faisceau libérien qui est ainsi réduit à ce tube et à sa cellule sœur. Chaque tube acquiert sa différenciation maximum et conserve son diamètre. La cellule libérienne est aussi de forme pentagonale et a une taille un peu supérieure à celle du tube criblé. Comme chez le *Potamogeton* et les *Najas*, il n'y a point ici de péricycle, le tube criblé intercale son angle externe entre les deux cellules endodermiques (*e*) qui lui sont superposées.

Palmiers. — *Phœnix spinosa.* — Sous la coiffe, les cellules de l'assise péricyclique d'abord simple, sont un peu plus grandes que les autres cellules de la stèle, à l'exception des vaisseaux médullaires disséminés dans la région centrale qui sont déjà très larges. En de nombreux points équidistants, le premier tube criblé se forme par cloisonnement de sa cellule mère et il intercale son angle externe entre deux cellules péricycliques qui, de leur côté, se dédoublent par une cloison tangentielle, et de telle façon que, plus tard, ce premier tube se trouve enchâssé dans une sorte de coussin formé par ces quatre cellules péricycliques. Quand le tube criblé est adossé au milieu de la face interne d'une cellule péricyclique, cette cellule seule se dédouble et le tube criblé a une forme carrée.

Partout ailleurs le péricycle demeure simple. Quand le premier tube criblé a acquis sa différenciation maximum, il est de taille un peu supérieure à celle des cellules qui le bordent du côté interne, mais plus petit que les cellules péricycliques qui lui sont superposées. En dedans des deux cellules libériennes, il se différencie successivement de dehors en dedans, et, directement, aux dépens de cellules déjà formées lors de l'apparition du premier tube, des tubes criblés, au nombre de six en moyenne, qui sont d'autant plus larges qu'ils sont plus internes ; la forme générale du faisceau libérien complètement développé est assez allongée dans le sens du rayon.

Corypha Gebanga (fig. 30, pl. VIII). — La stèle est formée au début de cellules polygonales au milieu desquelles se distinguent très vite les cellules arrondies et larges qui doivent devenir les vaisseaux médullaires (*v*). L'assise externe de la stèle (*p*) a ses cellules un peu plus grandes que les autres cellules conjonctives et elle est simple dans toute son étendue. En dedans d'elle, la cellule mère du premier tube criblé se divise par une cloison, à la façon ordinaire, donnant naissance au premier tube criblé, mais la direction de la cloison est très variable, ce qui entraîne les différences de forme que présentent sur la même coupe les premiers tubes criblés. Chacun d'eux atteint sa différenciation maximum dans la région de la racine où la coiffe a une épaisseur de quatre assises. En même temps que s'est formé le premier tube criblé (*t*), les deux cellules péricycliques qui lui sont superposées se dédoublent par une cloison tangentielle, de telle sorte que le tube est séparé de l'endoderme (*e*) par deux assises, tandis que sur le reste de son pourtour le péricycle reste simple. En dedans du premier tube criblé, il se différencie successivement, de dehors en dedans, des tubes criblés qui évoluent directement et dont le nombre variable peut s'élever à dix ; le faisceau libérien ainsi constitué a une forme allongée radialement, les tubes criblés situés dans la portion interne du faisceau ont un

diamètre très large et sont superposés en file simple, tandis que ceux de la région moyenne du faisceau peuvent être accolés côte à côte au nombre de deux ou trois.

Pinanga latisecta (fig. 31, Pl. VIII). — La stèle est formée de nombreuses cellules petites et polygonales, au milieu desquelles on voit une dizaine d'éléments arrondis (*v*) qui deviennent beaucoup plus larges que les autres et sont disposés en un cercle irrégulier plus près de la périphérie que du centre. Le péricycle simple d'abord présente des cellules plus grandes que les autres cellules du conjonctif et qui se rapprochent beaucoup par la forme des cellules de l'endoderme.

Le premier tube criblé naît par le cloisonnement de sa cellule mère et il acquiert sa différenciation maximum dans la région où la coiffe est réduite à une épaisseur de deux assises. Tantôt il n'y a qu'un seul premier tube criblé par faisceau, tantôt il y en a deux et même trois et ces tubes peuvent être accolés l'un à l'autre ou séparés par une cellule libérienne ayant une forme semblable à la leur. En dedans du premier tube, les cellules subissent par voie centripète une différenciation qui aboutit à la production de cinq à huit tubes criblés. A l'état adulte, le faisceau libérien ainsi formé prend un aspect cunéiforme à pointe interne et est entouré par le conjontif qui se sclérifie.

Joncacées. — *Juncus balticus* (fig. 32, pl. VIII). — La stèle est formée d'un grand nombre de cellules polygonales parmi lesquelles il en est plusieurs, disposées en cercle autour de la région centrale, qui s'arrondissent et grandissent beaucoup pour devenir les vaisseaux médullaires (*v*).

En dedans du péricycle (*p*), à ce moment continu mais peu distinct par la forme de ses cellules des autres assises de la stèle, prend naissance le premier tube criblé qui est séparé de ses voisins par quelques cellules seulement, car le nombre des premiers tubes criblés et par suite des faisceaux libériens est très grand ; il y en a trente-deux dans l'exemple choisi. Comme la direction de la cloison qui sépare le tube est va-

riable, il en résulte une diversité dans la forme et c'est surtout lors de sa différenciation maximum que ce tube criblé (t) est facile à étudier. En se différenciant il augmente de taille, et devient l'élément le plus large de tous ceux qui se trouvent à la périphérie de la stèle. Il conserve d'ailleurs toujours cette largeur, ainsi que cela a lieu dans les plantes où le premier tube criblé est seul chargé d'assurer le transport des matières élaborées. En effet, il ne se produit ici aucun autre tube criblé et le faisceau libérien est réduit à ce premier tube criblé, mais on doit y rattacher les cellules qui entourent immédiatement ce tube et dont le nombre est des plus variables. Ce nombre est d'ailleurs en rapport avec la forme du tube criblé. Quand le tube est losangique, il y a deux cellules libériennes qui l'emboîtent symétriquement de part et d'autre sur sa moitié interne. Quand il est pentagonal, à chacune des faces externes correspond une cellule péricyclique, et à chacune des trois autres faces est appliquée une cellule, ce qui porte à trois le nombre des cellules libériennes. Enfin quand il est hexagonal, il y a quatre de ces cellules. Ces cellules libériennes sont beaucoup plus étroites que le tube et comme elles s'arrondissent avec l'âge, elles font saillie dans son intérieur, ce qui lui donne l'aspect d'un polygone curviligne.

Les vaisseaux ligneux se différencient après le tube criblé, soit aux dépens de cellules péricycliques, soit aux dépens de cellules sous-péricycliques et, dans ce dernier cas, le péricycle demeure continu en face du bois.

Quand la sclérification a envahi tout le conjonctif, les vaisseaux ne peuvent plus être distingués sur les coupes transversales, car leur paroi a même épaisseur et ils ont même forme que les cellules qui les entourent ; seuls, les faisceaux libériens se détachent en clair sur le fond coloré des coupes.

Alismacées. — *Sagittaria sagittifolia* (fig. 33, pl. VIII). — Dans la stèle les cellules qui entourent un vaisseau axile (v) de très grand diamètre sont disposées en assises dont l'in-

terne et l'externe sont très régulières et ont leurs cellules allongées suivant le rayon, les assises intermédiaires au nombre de deux ou trois sont en voie de cloisonnement irrégulier et leurs cellules sont plus petites. En dix points équidistants apparaît le premier tube criblé qui ne peut être distingué que quand il commence à se différencier, car au début sa forme et sa taille sont semblables à celles des cellules qui l'avoisinent. Le cloisonnement des assises moyennes qui s'est surtout localisé suivant des points correspondant aux faisceaux libériens a produit des îlots de petites cellules situés en dedans des premiers tubes criblés (*t*). Ces îlots dont l'aspect rappelle tout à fait celui du liber secondaire de beaucoup de plantes, donnent un mélange irrégulier de cellules libériennes et de tubes criblés qui évoluent ultérieurement.

Commélinacées. — *Commelina communis* (fig. 34, pl. VIII). — Comme dans le *Triglochin palustris*, la stèle dès le début est formée d'une cellule axile entourée par des cellules polygonales, mais ici il y a trois assises de ces cellules polygonales et l'externe est le péricycle (*p*). Pendant que la cellule axile s'arrondit et grossit pour devenir un vaisseau médullaire (*v*), la cellule mère du premier tube criblé se divise par une cloison inclinée de 45° sur le plan diamétral et donne un tube criblé de forme losangique (*t*) qui s'intercale, vers l'extérieur, entre deux cellules péricycliques et, vers l'intérieur, entre sa cellule sœur et une cellule voisine.

Souvent la cloison est tangentielle et le tube criblé formé est pentagonal, ainsi sur la coupe figurée dans ce travail sur les cinq premiers tubes criblés, il y en a trois losangiques et deux de forme pentagonale. Quand ce premier tube criblé (*t*) a acquis sa différenciation maximum il perd peu à peu ses caractères, et plus tard la cellule placée en dedans de lui évolue directement en tube criblé (*t'*). Ce second tube criblé est séparé du premier par les deux cellules libériennes quand le premier tube criblé est losangique, il est au contraire accolé au premier quand ce dernier est pentagonal.

Il peut se différencier plusieurs tubes criblés côte à côte aux dépens des cellules déjà existantes, ce qui se rencontre surtout chez les grosses racines.

Pontédériacées. — *Pontederia cordata* (fig. 35, pl. VIII). — Très près du sommet de la racine la stèle présente des cellules polygonales au milieu desquelles se trouvent un ou plusieurs vaisseaux médullaires reconnaissables déjà à leur section arrondie et à leur grand diamètre. Tandis que les cellules qui les entourent ne se cloisonnent plus, les cellules de la périphérie se cloisonnent activement et les cloisons y sont dirigées soit tangentiellement, soit radialement, mais aucune cloison oblique ne peut être constatée.

Le premier tube criblé naît par cloisonnement tangentiel de sa cellule mère, sa forme est pentagonale et il présente un angle externe intercalé entre deux cellules péricycliques et une face interne à laquelle est superposée sa cellule sœur. En acquérant sa différenciation maximum le tube criblé (*t*) grandit et dépasse en diamètre les éléments situés en dedans de lui. En grandissant ainsi chaque tube refoule un peu les cellules voisines qui s'aplatissent, de telle sorte que l'ensemble prend l'aspect d'un canal sécréteur dont le tube serait le canal, tandis que les cellules de bordure seraient représentées par les trois cellules qui correspondent à ses faces latérales et interne. Cette bordure serait complétée, vers l'extérieur, par les deux cellules péricycliques dont la taille, assez grande d'abord, s'est réduite peu à peu tout en restant un peu plus grande que celle des précédentes.

La cellule sœur du tube criblé est généralement la plus petite de ces cellules de bordure ; parfois même cette cellule sœur se distingue davantage, elle affecte une forme rectangulaire avec une lumière très étroite et se trouve recouverte, vers l'intérieur, par une cellule semblable aux deux autres cellules de bordure avec lesquelles elle forme une bordure entourant à la fois le tube criblé et sa cellule sœur.

L'accroissement continu de ce premier tube criblé nous fait prévoir que son fonctionnement persiste longtemps et en effet

il ne se différencie ultérieurement d'aucun autre tube criblé. Le faisceau libérien est donc réduit chez cette plante à un large tube criblé entouré d'ordinaire par trois cellules libériennes dont la médiane est sa cellule sœur.

En dehors du péricycle demeuré simple, l'endoderme conserve ses parois minces, tandis que les quatre assises corticales superposées épaississent considérablement leur membrane et forment ensemble un anneau scléreux d'une grande régularité.

Liliacées. — *Scilla italica* (fig. 36, pl. IX). — La stèle, encore à l'état de méristème, est formée de cellules semblables entre elles et différant peu des cellules endodermiques qui commencent à s'élargir; puis, l'assise péricyclique (*p*) accroît ses cellules et se détache assez nettement des autres cellules de la stèle qui secloisonnent çà et là dans toutes les directions.

La cellule mère du premier tube criblé ne se distingue d'abord par aucune disposition spéciale. Le premier tube criblé ayant, dès l'origine, une forme assez variable mais qui ne diffère pas de celle des cellules voisines, on ne peut sûrement le reconnaître à ce moment et ce n'est que quand il commence à acquérir ses propriétés particulières qu'il peut être étudié. Tantôt ce tube criblé (*t*) est situé à l'intersection de deux cellules péricycliques et alors il est d'ordinaire de forme pentagonale, tantôt il est situé au milieu de la face interne d'une cellule péricyclique et il est rectangulaire; d'ailleurs en prenant les caractères de sa différenciation maximum, il tend à s'arrondir plus ou moins complètement.

Pendant que se fait cette différenciation, la cellule centrale a beaucoup grandi, formant un vaisseau axile (*v*) de section circulaire; quelquefois il y a deux ou plusieurs cellules centrales qui se transforment ainsi en vaisseaux.

Une ou deux des cellules placées en dedans du premier tube criblé se cloisonnent et les deux ou quatre cellules résultant de leur division demeurent longtemps plus petites que les autres. Ce cloisonnement se fait dans des directions variées, mais fréquemment la cellule située au contact du premier

tube criblé prend une cloison tangentielle et ses deux cellules filles se trouvent en file radiale avec ce premier tube. De ces deux cellules filles la plus externe évolue d'abord en tube criblé, puis l'autre un peu plus tard évolue pareillement. Quand la cloison est dirigée suivant le rayon, ces deux tubes criblés se trouvent placés côte à côte, ce qui se rencontre souvent. Enfin parfois, et cela tient surtout à la grosseur de la racine considérée, le nombre des tubes criblés peut s'élever à cinq par suite de la transformation de deux des cellules placées en dedans des précédentes et qui, en raison du développement centripète, se différencient en dernier lieu. Chaque faisceau libérien ainsi formé est séparé du faisceau ligneux voisin par une assise au moins de cellules conjonctives. A l'état adulte, les tubes criblés ont un diamètre un peu inférieur à celui des cellules du conjonctif, leurs cloisons transverses sont les unes horizontales, les autres obliques et présentent des pores nombreux et uniformément répartis sur leur surface.

Lilium tigrinum. — Sur une radicelle grêle, la stèle est formée au début de cellules grandes un peu serrées, disposées en deux ou trois assises irrégulières autour d'une cellule centrale beaucoup plus grande, et se cloisonnant çà et là en sens divers. Ces cellules, dont le nombre est peu élevé, sont entourées par l'assise péricyclique qui paraît au premier abord appartenir à l'écorce, car ses cellules ont la forme et la disposition des cellules qui les recouvrent et leur taille est double de celle des autres cellules de la stèle. Le premier tube criblé, qui naît à l'intersection de deux cellules péricycliques, est parfois losangique ; mais souvent la cloison qui lui donne naissance est tangentielle, son angle interne est remplacé par une face et sa forme est pentagonale.

Dans l'exemple choisi, il y a trois faisceaux libériens et entre la grande cellule axile et chaque premier tube criblé il y a deux cellules, tandis que dans les portions intermédiaires il peut n'y avoir qu'une seule cellule très allongée radialement allant de cette cellule axile jusqu'au péricycle.

Sur les trois premiers tubes criblés, un seul est losangique, les autres sont pentagonaux.

Dans une racine plus grosse que la précédente, le nombre des faisceaux libériens est plus grand, mais le mode de formation des tubes criblés demeure le même. Le nombre des cellules du conjonctif est aussi beaucoup plus grand et, sous la coiffe, on voit déjà un certain nombre de ces cellules prendre des dimensions supérieures à celles de leurs voisines; ces grandes cellules plus ou moins espacées entre elles représentent la grande cellule axile de la petite racine. Ces grandes cellules se différencient plus tard en vaisseaux et, rejoignant alors les faisceaux ligneux, ils donneront à ces derniers la forme en V. La différenciation des tubes criblés se fait par voie centripète, la cellule qui touche la face interne du premier tube criblé évolue à son tour directement en tube criblé, puis la cellule située en dedans de ce dernier évolue pareillement, une ou deux des cellules placées de part et d'autre de cette file radiale se transforment aussi en tubes criblés, ce qui donne un îlot compact formé exclusivement de tubes criblés accolés les uns aux autres, mais cet îlot est toujours un peu allongé dans le sens radial. Quant au nombre de ses éléments, il dépend de la racine considérée, variant avec son diamètre. Les cloisons des tubes criblés sont d'ordinaire plus ou moins obliques et ondulées, rarement horizontales.

Veratrum viride (fig. 37, pl. IX). — Le péricycle est simple, et dans la région moyenne de la stèle, une dizaine de cellules (*v*) rondes prennent très vite un diamètre beaucoup plus grand que celui des cellules polygonales qui les entourent et qui se divisent çà et là irrégulièrement. Au niveau de la base de la coiffe apparaît le premier tube criblé qui est quelquefois losangique et se reconnaît alors dès le début. Mais la cloison qui lui donne naissance est peu constante dans sa direction, aussi très souvent le premier tube formé est pentagonal et les cellules qui lui sont accolées latéralement ne le recouvrent pas vers l'intérieur, comme cela a

lieu dans le cas précédent. Quelque temps après que ce premier tube (*t*) a acquis sa différenciation maximum, la cellule située en dedans de lui évolue directement en tube criblé. Ce nouveau tube criblé touche la face interne du premier, quand celui-ci est pentagonal, mais quand il est losangique les deux tubes sont séparés l'un de l'autre par les deux cellules libériennes qui emboîtent vers l'intérieur le premier tube criblé. Il se fait par voie centripète une différenciation des deux ou trois cellules superposées en dedans du premier tube criblé et cette différenciation porte aussi sur les cellules qui les touchent de part et d'autre, de telle sorte que l'on a un îlot formé de quatre à huit tubes criblés. Ces tubes criblés en se différenciant acquièrent un diamètre supérieur à celui du premier tube qui devient de moins en moins distinct ; ils sont de forme à peu près semblable et restent accolés les uns aux autres sans interposition d'aucun autre élément.

Colchicum byzantinum (fig. 38, pl. IX). — La stèle est d'abord homogène, mais très rapidement les cellules centrales prennent un accroissement supérieur à celui de leurs voisines ; il y a ainsi trois ou quatre cellules irrégulièrement groupées au centre et plus ou moins complètement accolées entre elles. Quelquefois l'une d'elles est complètement axile (*v*) et les autres au nombre de quatre, le plus souvent, sont disposées autour d'elle en rayonnant, indiquant la direction des futurs faisceaux ligneux. L'assise péricyclique (*p*) devient distincte aussi de très bonne heure, car ses cellules grandissent plus que les autres et ont une tendance très marquée à accroître leur largeur, mais comme les cellules endodermiques (*e*) sont encore plus larges, la limite entre l'écorce et la stèle est très nette.

C'est sous la coiffe, à la hauteur où elle est réduite à deux assises d'épaisseur, que le premier tube criblé (*t*) acquiert sa différenciation maximum. Chaque tube a d'ordinaire une forme pentagonale avec un angle externe intercalé entre deux cellules péricycliques. Quand il est superposé au milieu de la face interne d'une cellule péricyclique, ce tube peut

présenter aussi une face interne et prendre la forme rectangulaire. Un peu avant que se fasse sa différenciation maximum, les cellules situées au contact de ce tube se cloisonnent, celles qui le touchent latéralement se cloisonnent radialement, celles qui touchent sa face interne prennent une cloison tangentielle ou un peu oblique ; d'autres fois ces cellules ne paraissent pas se cloisonner, de telle sorte que les tubes criblés qui se différencient ultérieurement se forment de façons diverses.

Amaryllidacées. — *Narcissus poeticus* (fig. 39, pl. IX). — On trouve souvent sur les bulbes de cette plante des racines de deux sortes : les unes jeunes, courtes, à extrémité lisse et unie, qui sont en voie de croissance active, les autres plus ou moins longues à extrémité verruqueuse et comme rabougrie, de couleur brun rougeâtre, qui ont achevé leur croissance. Chez ces dernières la différenciation des vaisseaux du bois s'observe sous la coiffe dans une région où seuls les premiers tubes criblés présentent leur différenciation maximum, tandis que chez les premières la lignification des vaisseaux du bois ne se produit qu'à une distance très grande du sommet, dans une région où les seconds tubes criblés sont eux-mêmes déjà complètement différenciés. Généralement aussi dans cette plante l'apparition des premiers tubes criblés n'est pas simultanée comme cela a lieu chez les Graminées, par exemple, mais l'un d'entre eux prend sur les autres une avance assez grande.

Au début, la stèle est constituée par une masse de cellules à peu près semblables et isodiamétriques se distinguant des cellules de l'endoderme légèrement aplaties. La cellule centrale grossit ensuite en prenant une section circulaire (*v*); les cellules qui l'entourent se cloisonnent çà et là irrégulièrement, tandis que les cellules de l'assise péricyclique (*p*) grossissent davantage surtout dans le sens de la largeur, se rapprochant ainsi de l'aspect des cellules endodermiques (*e*). Alors apparaissent les premiers tubes criblés qui sont le plus souvent au nombre de quatre également

espacés. Quand la cloison qui détache le premier tube criblé est inclinée de quarante-cinq degrés sur le plan diamétral, le tube est de forme losangique ; il s'intercale par son angle externe entre les deux cellules péricycliques superposées et par son angle interne entre sa cellule sœur et la cellule voisine; mais presque toujours, la direction de la cloison est différente et le tube produit a une forme pentagonale semblable à celle des cellules qui le touchent et il est alors bien difficile de le distinguer de ces dernières. Ce n'est que quand il acquiert les caractères de sa différenciation maximum (*t*) qu'on peut le reconnaître à coup sûr. Il possède des cloisons transversales assez régulièrement horizontales qui présentent des pores très nombreux et très rapprochés disposés en une plage homogène.

Un peu plus tard les caractères s'atténuent beaucoup et bientôt après, chez les racines en voie de croissance active, un second tube criblé se différencie à son tour. Ce second tube (*t'*) provient directement de la cellule placée en dedans du premier tube criblé. Si ce premier tube présente une face interne, ce qui est fréquent, c'est contre cette face qu'il se trouve appliqué ; si le premier tube présente un angle interne, c'est sur cet angle qu'il se place ou bien sur l'une des faces qui y aboutit présentant alors une petite déviation d'un côté ou de l'autre du rayon qui passe par l'axe du premier tube criblé. Quelquefois la cellule mère de ce second tube criblé se dédouble et l'on a deux tubes criblés accolés l'un à l'autre en dedans du premier.

Plus tard encore, la cellule située en dedans du second tube criblé évolue à son tour directement pour donner un troisième tube criblé. Chacun de ces tubes criblés, après avoir acquis les caractères de différenciation maximum, perd peu à peu ces caractères. Le second et le troisième tubes criblés possèdent des cloisons transversales qui sont très souvent obliques. La forme de ces tubes n'est pas très constante, mais d'ordinaire elle est polygonale et avec l'âge elle tend à s'arrondir.

Nous avons vu que la cellule mère du second tube criblé se dédouble parfois, il en est ainsi de la cellule mère du troisième, mais le cas est plus rare. Enfin la cellule placée en dedans du troisième tube peut évoluer à son tour pour donner un quatrième tube criblé qui prolonge ainsi le faisceau libérien très loin vers le centre de la stèle, mais le fait ne s'observe que dans les racines du plus gros diamètre.

Iridées. — *Iris Chamaeiris* (fig. 40, pl. IX). — La stèle est constituée par des cellules polygonales parmi lesquelles se voient plusieurs vaisseaux médullaires (*v*) irrégulièrement disséminés dans la région centrale. La cloison qui détache le premier tube criblé a une direction variable et ce tube a la forme et la taille des autres cellules; ce n'est que quand il atteint sa différenciation maximum qu'il est aisé à reconnaître (*t*). Pendant qu'il se différencie, les cellules de l'assise péricyclique (*p*) grandissent un peu plus que les autres cellules du conjonctif et les cellules de l'endoderme (*e*) grossissent davantage encore, formant un anneau clair régulier. En dedans du premier tube criblé, il se différencie, par voie centripète, un certain nombre de tubes criblés qui évoluent directement et forment un îlot arrondi qui varie d'ailleurs avec la grosseur de la racine considérée.

Hydrocharidées. — *Vallisneria spiralis* (fig. 41, pl. IX). — La stèle étroite se compose d'un petit nombre de cellules dont les périphériques sont polygonales, tandis qu'au centre il y a une ou plusieurs cellules arrondies. En des points inégalement espacés de l'assise externe, une cellule qui est la cellule mère du premier tube criblé s'allonge radialement, puis se divise par une cloison tangentielle donnant, vers l'extérieur, un tube criblé et, vers l'intérieur, une cellule libérienne. Ce tube criblé (*t*) de forme régulièrement pentagonale est intercalé, vers l'extérieur, entre deux cellules endodermiques, car ici comme dans le *Najas* il n'y a pas de péricycle. La cellule libérienne (*a*) est de forme rectangulaire ou parfois pentagonale. Il résulte de l'inégal espacement des cellules mères une sorte d'asymétrie dans la disposition des faisceaux libé-

riens; c'est ainsi que trois de ces faisceaux (*f,f,f*) sont rapprochés vers un côté de la racine, tandis que deux seulement (*f'.f'*) se trouvent du côté opposé. Il ne se développe aucun autre élément criblé, le faisceau est réduit à ce premier tube criblé et à sa cellule sœur.

Hydrocharis Morsus-ranae (fig. 42, 43 et 44, pl. IX). — Dans cette plante, le développement des premiers tubes criblés ne se fait pas simultanément, comme cela a lieu dans la généralité des cas que nous avons étudiés, mais successivement, ainsi que nous l'avons indiqué ailleurs (1). Au début, la stèle est formée de cellules polygonales et de deux cellules arrondies plus grandes, diamétralement opposées, qui, quoique situées au contact du péricycle, représentent les vaisseaux médullaires que nous trouvons d'ordinaire déjà différenciés. La cellule mère du premier tube criblé est située à égale distance de ces deux vaisseaux ; elle se divise par une cloison inclinée à quarante-cinq degrés sur le plan diamétral pour donner un tube criblé de forme losangique, qui s'intercale entre les deux cellules péricycliques superposées vers l'extérieur et entre sa cellule sœur et une cellule voisine vers l'intérieur. Ce premier tube criblé acquiert sa différenciation maximum, puis un autre premier tube criblé se forme de la même façon, et, plus tard encore, un nouveau tube semblable aux deux précédents prend naissance.

De part et d'autre de chacun de ces trois premiers tubes criblés, il se différencie ultérieurement un autre tube criblé, ce qui porte à neuf le nombre des tubes criblés développés au contact du péricycle, par conséquent méritant le nom de premiers tubes criblés, tel que nous l'avons employé pour les autres plantes. Il faut considérer ces tubes criblés comme constituant autant de faisceaux libériens, pour des raisons que nous avons exposées avec détails (2), avec cette réserve que le nombre des tubes et par consé-

(1) *Sur la structure de la racine de l'Hydrocharis Morsus-ranae* (Revue gén. de bot., t. IX, p. 300, 1897).
(2) *Loc. cit.*

quent celui des faisceaux libériens peut varier plus ou moins. En dedans de ces premiers tubes criblés, il se fait çà et là dans le conjonctif des tubes criblés qui se différencient plus tard, mais sont sans rapport avec les précédents et constituent des formations analogues à celles que l'on trouve chez certaines Aroïdées telles que le *Monstera deliciosa*, par exemple. Parmi ces tubes criblés médullaires, il en est un souvent plus large que les autres qui d'ordinaire occupe l'axe de la moelle.

Si l'on voulait rattacher, malgré les raisons que nous avons indiquées (1), ces tubes criblés médullaires aux premiers tubes criblés, et admettre l'existence de trois faisceaux libériens seulement, il faudrait signaler ce fait unique jusqu'ici de faisceaux libériens se rejoignant au centre même de la racine.

Ces tubes criblés conservent pendant toute la durée de la racine une grosseur assez notable, à l'exception des premiers, qui sont quelquefois plus ou moins comprimés par les éléments voisins.

RÉSUMÉ.

Les descriptions que nous venons de faire de ces différentes plantes concordent dans leurs traits essentiels, que nous pouvons résumer ainsi :

1° Dans toutes les racines de Monocotylédones que nous avons étudiées, il se forme des premiers tubes criblés qui peuvent être suppléés par d'autres tubes criblés ou bien subsister seuls.

2° Ces premiers tubes criblés se forment par le cloisonnement d'une cellule mère, qui donne le tube criblé et sa cellule sœur.

A. Quand la cloison qui divise la cellule mère est inclinée de quarante-cinq degrés sur le plan diamétral passant par

(1) *Loc. cit.*

l'axe du tube criblé, ce dernier prend une forme losangique tout à fait caractéristique (Graminées, Cypéracées, etc.)

B. Quand la cloison de séparation est tangentielle, le tube criblé est pentagonal et il est superposé à sa cellule sœur de façon très régulière (*Najas*, *Potamogeton*, *Vallisneria*, etc.

C. Enfin quand cette cloison est orientée différemment, le premier tube criblé détaché ne prend aucun aspect spécial, et on ne peut le reconnaître sûrement que quand il acquiert sa différenciation maximum (*Acorus, Pinanga*, *Iris,* etc.).

3° Quand le premier tube criblé est suppléé par d'autres tubes criblés, ces derniers se différencient d'ordinaire directement aux dépens des cellules déjà formées.

A. Il n'y a qu'un seul de ces tubes criblés directs (*Triticum, Avena,* etc.).

B. Il y a plusieurs tubes criblés directs.

a. Toutes les cellules composant l'îlot libérien évoluent ainsi en tubes criblés (*Zea Mais, Scilla italica*, *Narcissus poeticus*, etc.).

b. Un certain nombre des cellules composant l'îlot libérien évoluent en tubes criblés, les autres demeurent à l'état de cellules libériennes (*Anthurium cristallinum*, *Monstera deliciosa*, etc.).

4° Les premiers tubes criblés ne sont suppléés par aucun autre.

A. Le faisceau libérien est réduit au premier tube criblé et aux cellules qui l'emboîtent immédiatement au nombre de deux à quatre (*Juncus balticus*, *Pontederia cordata*, *Hydrocharis Morsus-ranae*).

B. Le faisceau libérien est réduit au premier tube criblé et à sa cellule sœur (*Najas*, *Potamogeton*, *Vallisneria*).

EXPLICATION DES PLANCHES

Toutes les figures représentent des coupes transversales de la racine; à l'exception des figures 3 et 44, elles correspondent à des coupes faites au voisinage du sommet, dans la région encore recouverte par la coiffe.

Pour ménager l'espace et simplifier le travail de gravure, l'écorce a été représentée seulement par l'endoderme.

Aucune marque conventionnelle n'a été adoptée; la paroi des tubes criblés a été indiquée telle qu'on l'obtient par la photographie après la coloration par le brun Bismarck.

Dans toutes les figures, les mêmes lettres ont la même signification :

e, endoderme;
p, péricycle;
t, premier tube criblé ou tube criblé direct;
a, cellule sœur du premier tube criblé;
a', cellule libérienne;
t', second tube criblé ou tube criblé indirect;
v, vaisseau médullaire;
V, vaisseau du bois.

PLANCHE IV

Fig. 1. *Triticum sativum.* — État très jeune. *c*, cloison récemment formée, séparant le premier tube criblé (*t*) de sa cellule sœur (*a*).

Fig. 2. — État un peu plus avancé que le précédent, la coupe passe à un millimètre du sommet; le premier tube criblé (*t*) se montre intercalé également entre la cellule *a'* et sa cellule sœur (*a*), et sa paroi a acquis sa différenciation maximum.

Fig. 3. — État plus avancé encore, la coupe passe à plusieurs centimètres du sommet; le second tube criblé (*t'*) a acquis sa différenciation maximum; (*t''*, tube criblé résultant du dédoublement de la cellule mère du second tube criblé (*t'*). V', vaisseau d'origine péricyclique.

Fig. 4. *Brachypodium bipinnatum.* — Le péricycle *p* est formé de cellules longues en face des tubes criblés (*t*) et de cellules courtes disposées sur plusieurs assises en face des faisceaux ligneux.

Fig. 5. *Melica nutans.* — Le péricycle (*p*) est dédoublé en face des faisceaux libériens et des faisceaux ligneux.

Fig. 6. *Lasiagrostis splendens.* — Les deux faisceaux libériens indiqués par les tubes criblés (*t*) sont séparés par une seule cellule de conjonctif (*c*).

PLANCHE V

Fig. 7. *Kœleria setacea.* — Les vaisseaux médullaires (*v*), assez nombreux, sont éloignés du centre et irrégulièrement espacés.

Fig. 8. *Zea Maïs.* — Une moitié seulement de la coupe a été figurée. Le péricycle (*p*) est dédoublé çà et là. En dedans de chaque premier tube criblé (*t*) se trouve un groupe de quatre à huit cellules (*c*) qui évolueront en autant de tubes criblés directs.

Fig. 9. *Baldingera arundinacea.* — La racine figurée était de faible diamètre, aussi le nombre des vaisseaux médullaires (*v*) est de deux seulement; le péricycle (*p*) est encore simple dans toute son étendue.

Fig. 10. *Hierochloa borealis.* — Le péricycle (*p*) se dédouble çà et là en face des futurs faisceaux ligneux.

Fig. 11. *Milium effusum.* — Le péricycle est irrégulièrement dédoublé en face des futurs faisceaux ligneux; il y a aussi un dédoublement des cellules libériennes (*a*) qui augmente le nombre des éléments composant le faisceau libérien.

Fig. 12. *Sorghum saccharatum.* — Le péricycle (*p*) est déjà presque complètement dédoublé.

PLANCHE VI

Fig. 13. *Calamagrostis canadensis.* — Le péricycle est dédoublé seulement en face des futurs faisceaux ligneux.

Fig. 14. *Heleocharis palustris.* — L'assise sus-endodermique (*s*) est représentée. L'endoderme (*e*) a ses cellules peu différentes des cellules péricycliques.

Fig. 15. *Heleocharis palustris.* — État un peu plus avancé que le précédent. Les deux cellules libériennes (*a*) montrent une différenciation de leur paroi comparable à celle du premier tube criblé (*t*). L'endoderme (*e*) a ses cellules très allongées; *s*, assise sus-endodermique.

Fig. 16. *Eriophorum vaginatum.* — Un seul premier tube criblé (*t*) est losangique, les autres sont pentagonaux, et parmi ceux-ci les deux situés au bas de la figure sont superposés à leur cellule sœur (*a'*), qui est petite et rectangulaire.

Fig. 17. *Schœnus nigricans.* — La forme du premier tube criblé (*t*) est assez variable; quand il est losangique, la disposition des divers éléments (*a*,*a'*,*t'*) du faisceau libérien est très régulière.

Fig. 18. *Carex ligerine.* — En deux points différents, deux premiers tubes criblés ne sont séparés l'un de l'autre que par une cellule libérienne.

Fig. 19. *Carex ligerine.* — État un peu plus avancé que le précédent; le second tube criblé (*t'*) commence à se différencier et la cellule sœur du premier tube criblé (*a'*) présente une modification de sa paroi comparable à celle du tube criblé.

PLANCHE VII

Fig. 20. *Najas minor.* — *s*, assise sus-endodermique.

Fig. 21. *Najas minor.* — Cette figure représente un état un peu plus avancé que le précédent pris sur une racine plus grosse. *s*, assise sus-endodermique.

Fig. 22. *Potamogeton natans.* — *s*, assise sus-endodermique.

Fig. 23. *Calla palustris.* — Les grands vaisseaux primitivement développés (*v*) correspondent par le nombre et la situation aux futurs faisceaux du bois.

Fig. 24. *Monstera deliciosa.* — En dedans des premiers tubes criblés placés au contact du péricycle, on voit plusieurs tubes criblés directs (T), situés dans la moelle et entourés d'une gaine de petites cellules (*c*).

Fig. 25. *Dieffenbachia costata.* — En quatre régions correspondant à autant de faisceaux libériens, on voit deux premiers tubes criblés (*t*) séparés par une cellule libérienne.

Fig. 26. *Acorus gramineus.* — Le nombre des premiers tubes criblés (*t*) correspondant à chaque faisceau est variable. En dedans de ces tubes criblés se voient des îlots de cellules plus petites que les autres qui évolueront les unes en tubes criblés directs, les autres en cellules libériennes.

Fig. 27. *Sparganium simplex.* — Le premier tube criblé, rarement losangique (*t*), est d'ordinaire pentagonal.

Fig. 28. *Pandanus furcatus.* — *f*, faisceau libérien étroit n'ayant qu'un seul tube criblé au contact du péricycle; *f'*, faisceau libérien large ayant deux, trois ou quatre tubes criblés au contact du péricycle. T, tube criblé médullaire entouré de sa gaine de petites cellules (*c*), mais non encore différencié.

PLANCHE VIII

Fig. 29. *Triglochin palustris.* — L'endoderme (*e*) est en voie de dédoublement, mais il n'y a pas de péricycle.

Fig. 30. *Corypha Gebanga.* — Le péricycle (*p*) se dédouble en face des tubes criblés.

Fig. 31. *Pinanga latisecta.* — *f*, faisceau libérien étroit n'ayant qu'un seul tube criblé au contact du péricycle; *f'*, faisceau libérien large ayant plusieurs tubes criblés accolés au péricycle.

Fig. 32. *Juncus balticus.* — Les tubes criblés sont de forme très variable, mais toujours bien distincts.

Fig. 33. *Sagittaria sagittifolia.* — La figure montre l'assise sus-endodermique dont les cellules sont exactement superposées à celles de l'endoderme, c'est un excellent exemple pour montrer la disposition en séries radiales des cellules de l'écorce interne.

Fig. 34. *Commelina communis.* — Le second tube criblé (*t'*) est séparé du premier tube (*t*) par les cellules libériennes (*a*), quand le premier tube est losangique; il est accolé à ce premier tube quand celui-ci est pentagonal.

Fig. 35. *Pontederia cordata.* — Chaque tube criblé (*t*) est entouré vers l'intérieur par sa cellule sœur (*a'*) et deux cellules libériennes (*a*).

PLANCHE IX

Fig. 36. *Scilla italica.* — Les vaisseaux médullaires (*v*) se relient plus tard directement aux autres vaisseaux des faisceaux du bois.

Fig. 37. *Veratrum viride.* — Les vaisseaux médullaires (*v*) correspondent par le nombre et la situation aux faisceaux du bois.

Fig. 38. *Colchicum byzantinum.* — Les faisceaux du bois composés de deux ou trois vaisseaux s'appuient directement sur le vaisseau axile (*v*).

Fig. 39. *Narcissus poeticus.* — Disposition des faisceaux du bois par rapport au vaisseau axile (*v*), semblable à la précédente.

Fig. 40. *Iris Chamaeiris.* — Les tubes criblés (*t*) ont une forme variable peu différente de celle des cellules voisines.

Fig. 41. *Vallisneria spiralis.* — Pas de péricycle; les faisceaux libériens sont disposés asymétriquement ; trois d'entre eux (*f*) sont rapprochés d'un même côté, tandis que les deux autres (*f'*) sont écartés du côté opposé.

Fig. 42. *Hydrocharis Morsus-ranae.* — État très jeune, il n'y a que deux premiers tubes criblés (*t*) différenciés.

Fig. 43. *Hydrocharis Morsus-ranae.* — État un peu plus avancé que le précédent, trois premiers tubes criblés (*t*) sont différenciés.

Fig. 44. *Hydrocharis Morsus-ranae.* — État plus avancé encore, montrant un plus grand nombre de tubes criblés différenciés (*t*).

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME

TABLE DES ARTICLES

PAR NOMS D'AUTEURS

TABLE DES PLANCHES

CONTENUES DANS CE VOLUME

Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

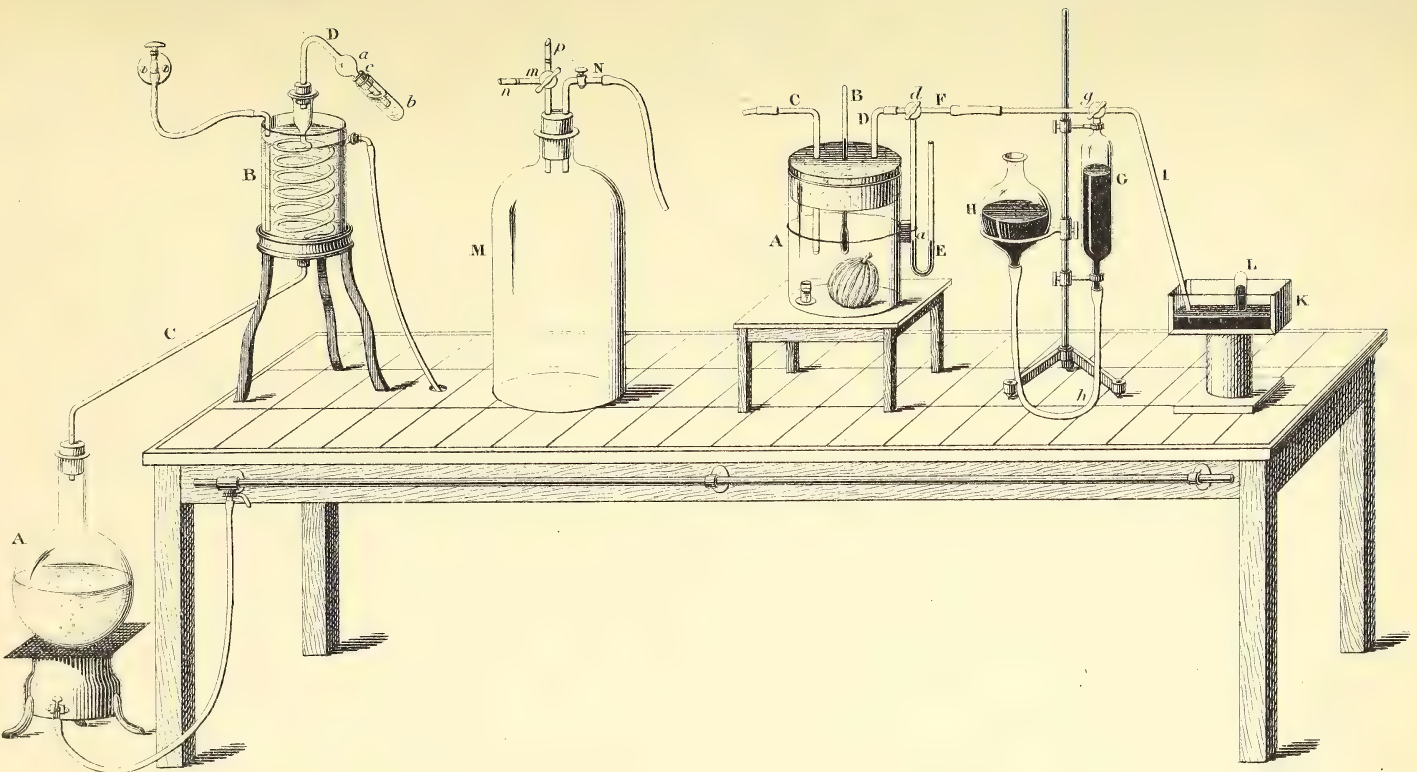


Fig. 2 — Appareil pour la saponification des éthers des fruits.

Fig. 1 — Appareil pour la respiration des fruits.

E. Morieu, sc.

Masson & Cie, Éditeurs.

Lith. Dufrénoy, Paris.

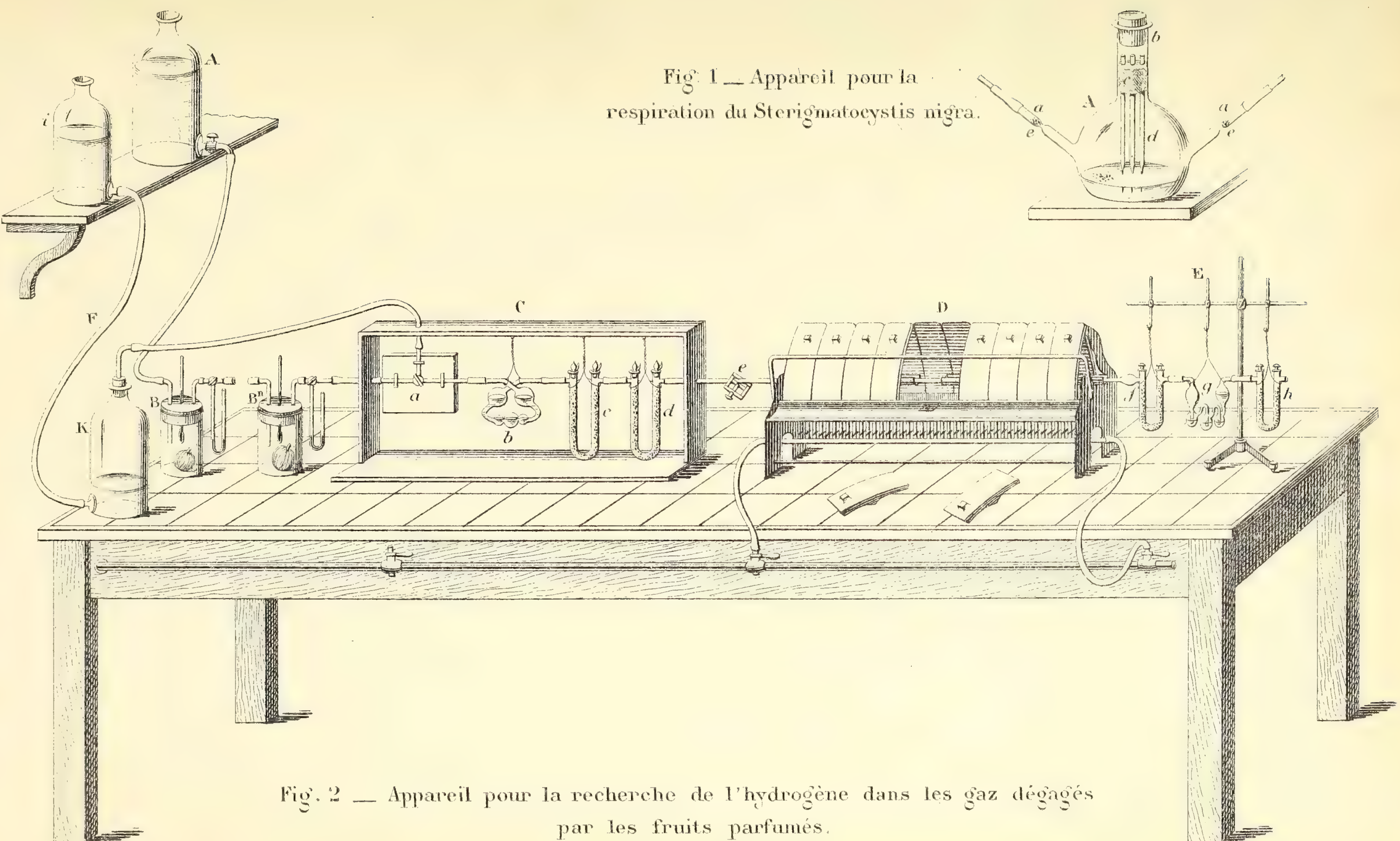


Fig. 1 — Appareil pour la respiration du Sterigmatocystis nigra.

Fig. 2 — Appareil pour la recherche de l'hydrogène dans les gaz dégagés par les fruits parfumés.

E. Morieu, sc. Masson & Cie, Éditeurs. Lith. Dufrénoy, Paris

5

1

2

3

4

6

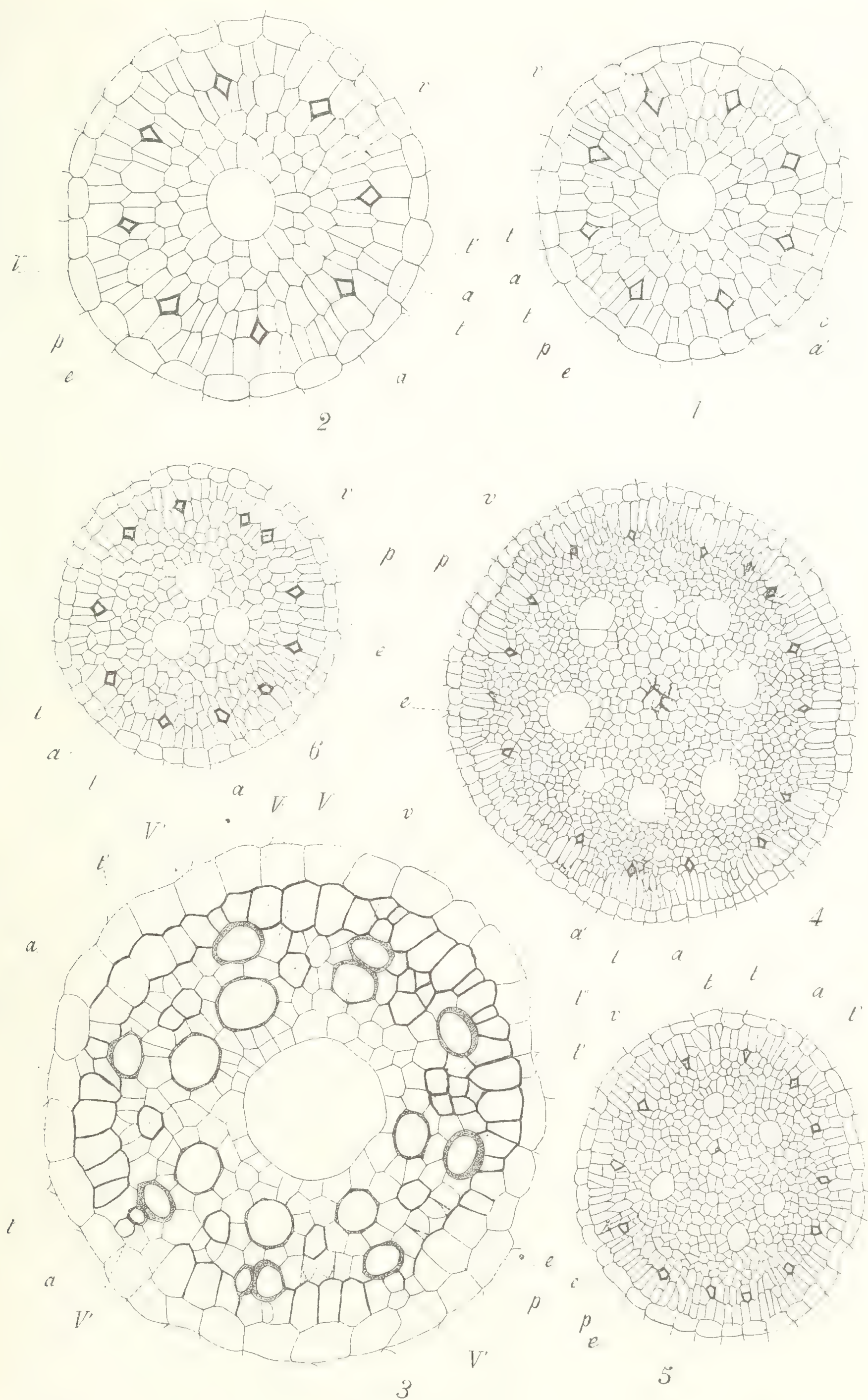
7

N. Karsakoff del.

Himely sc.

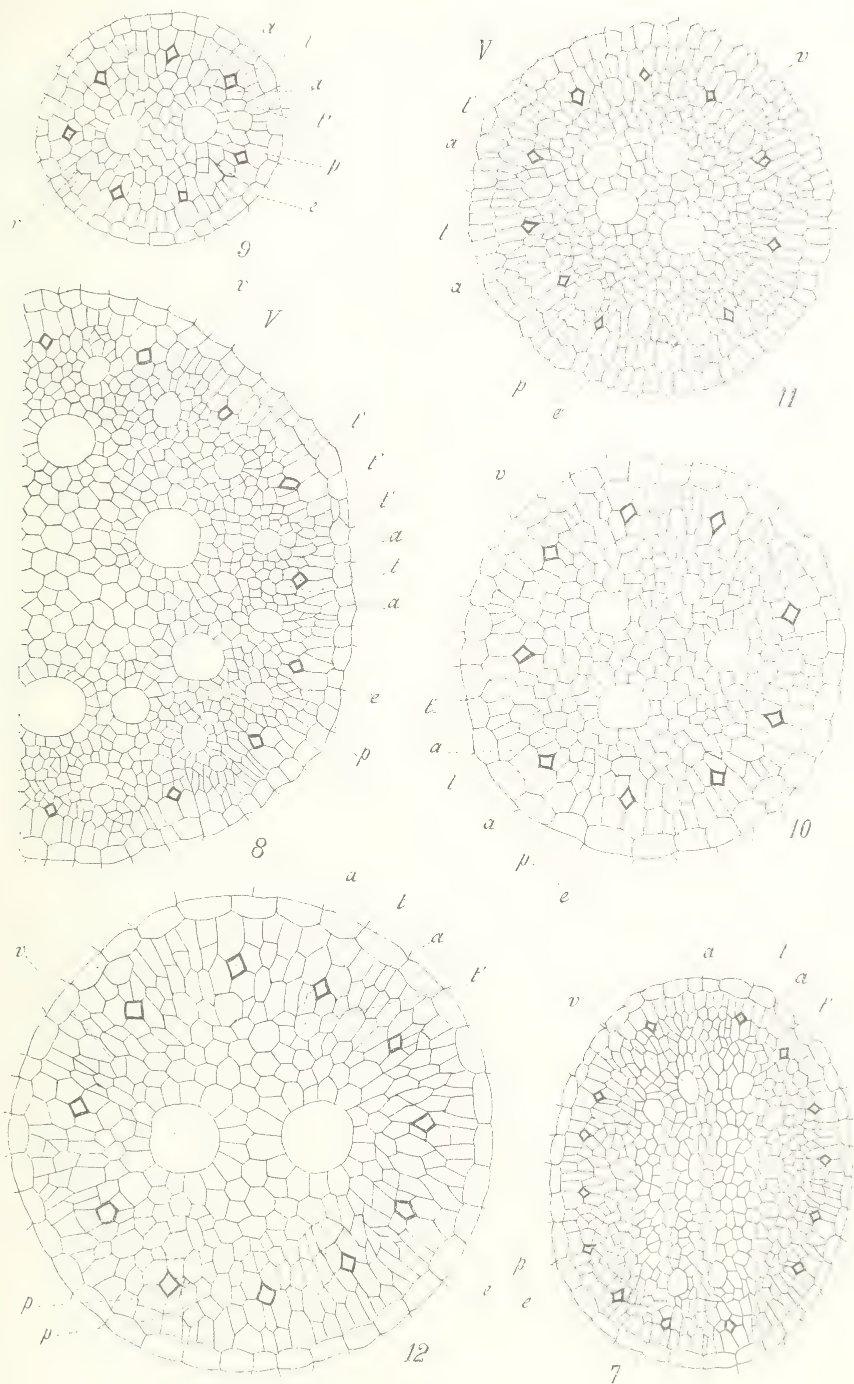
Vickersia canariensés.

Imp. Lemercier et Cie Paris

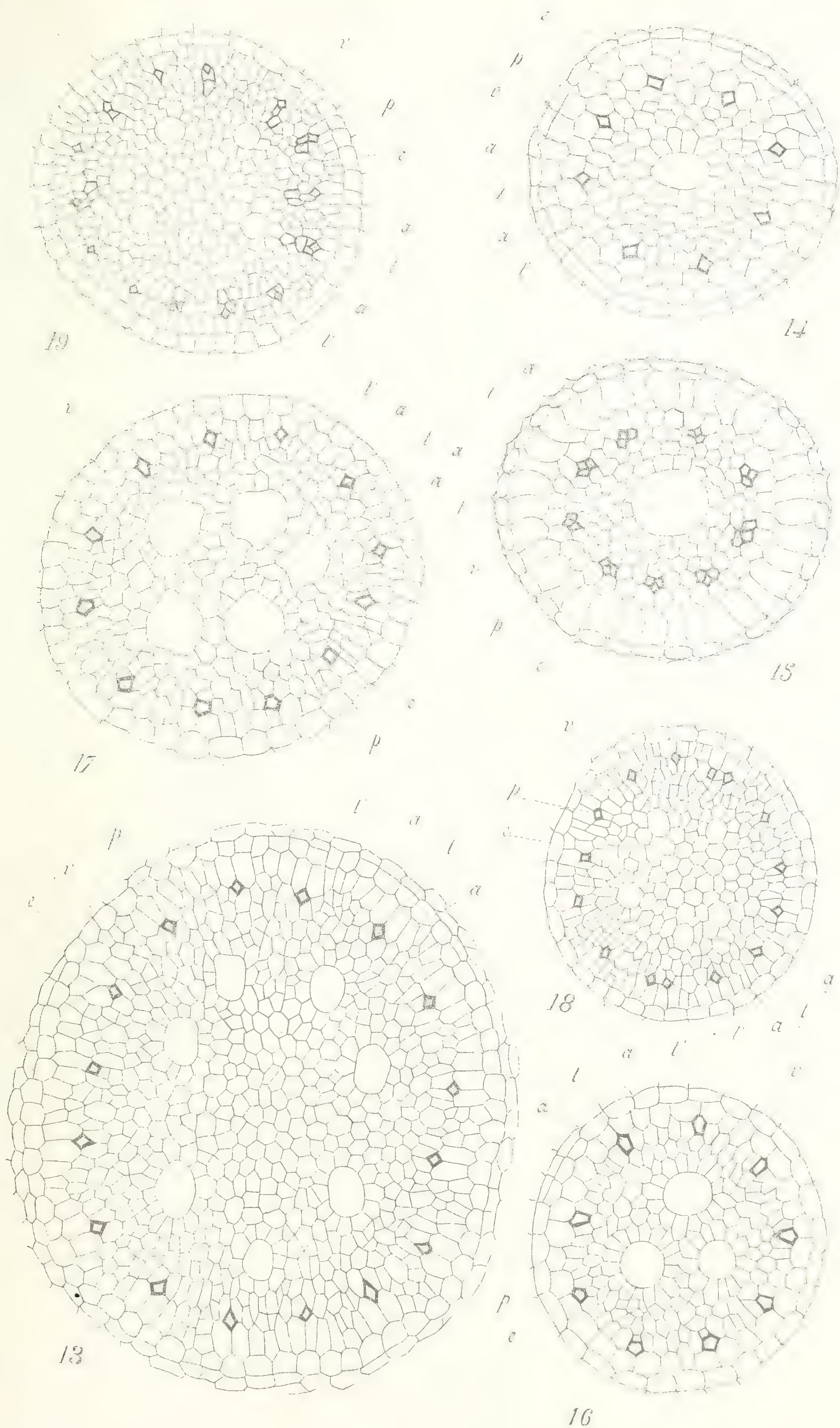


G. Chauveaud phot. Masson et Cie, Editeurs. Besnard sc.

Impies Lemercier, Paris.

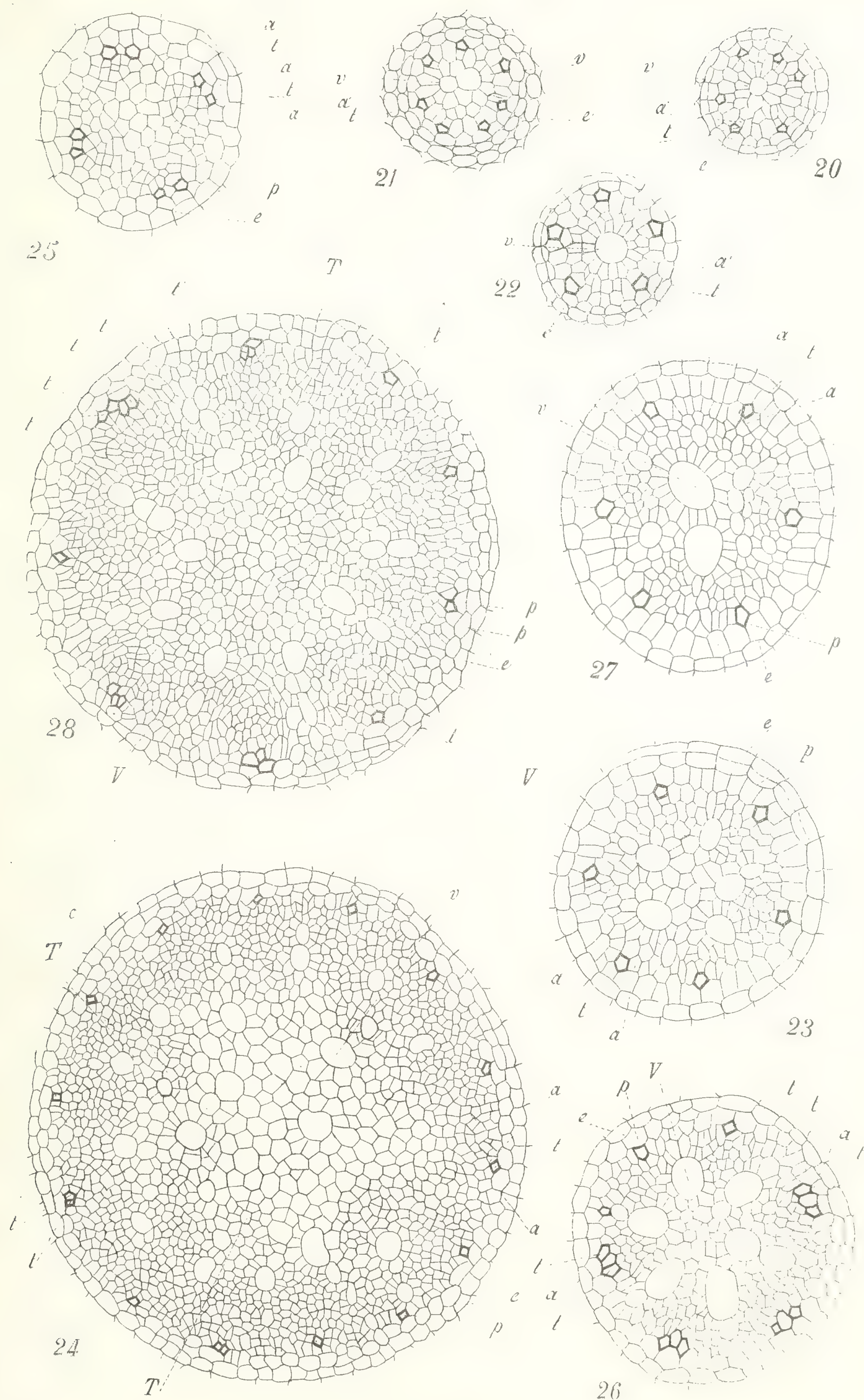


G. Chauveaud phot. Masson et Cie, Editeurs. Besnard sc.
Impies Lemercier, Paris.

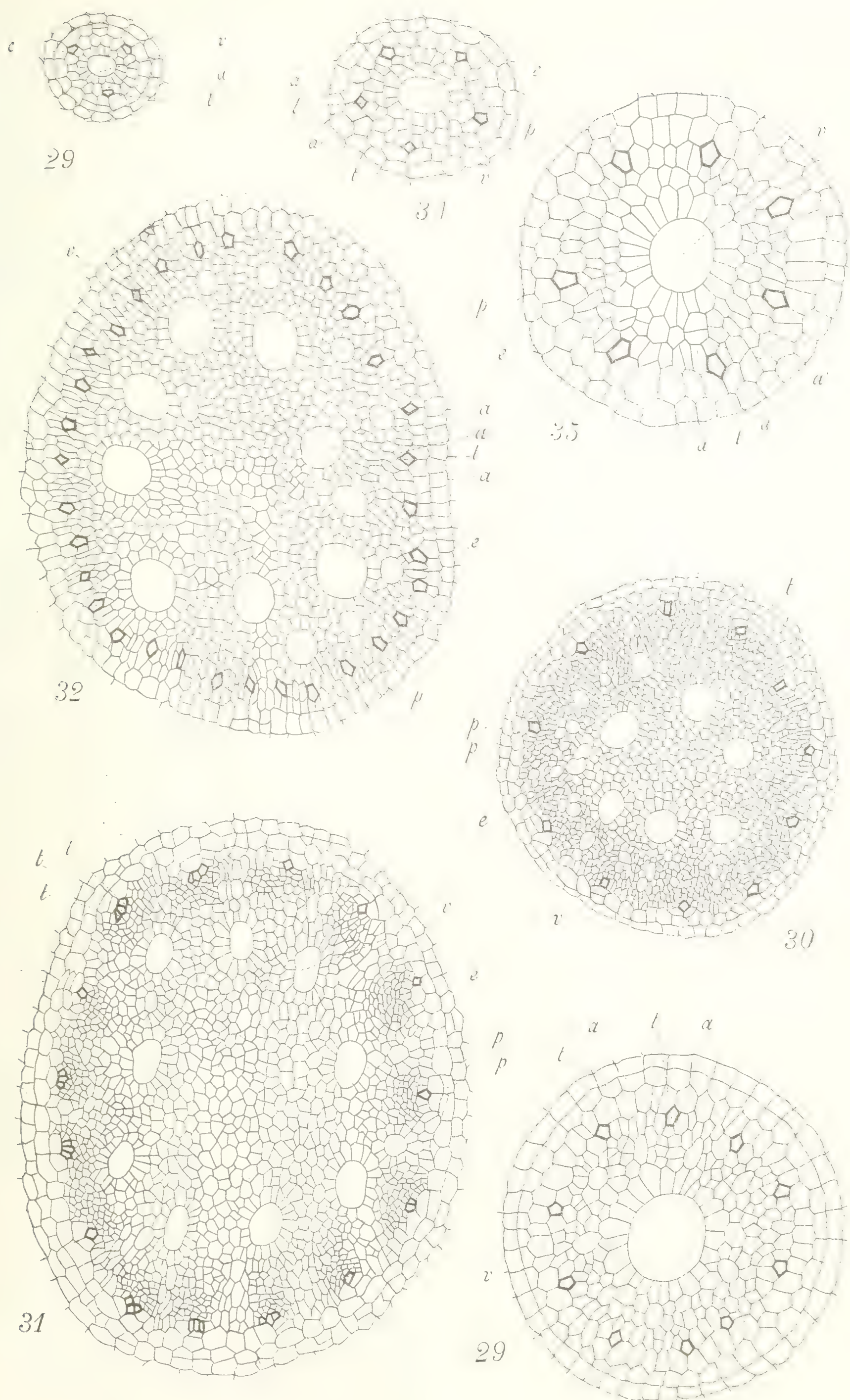


G. Chauveaud phot. Masson et Cie, Editeurs. Besnard sc.

Impries Lemercier, Paris.

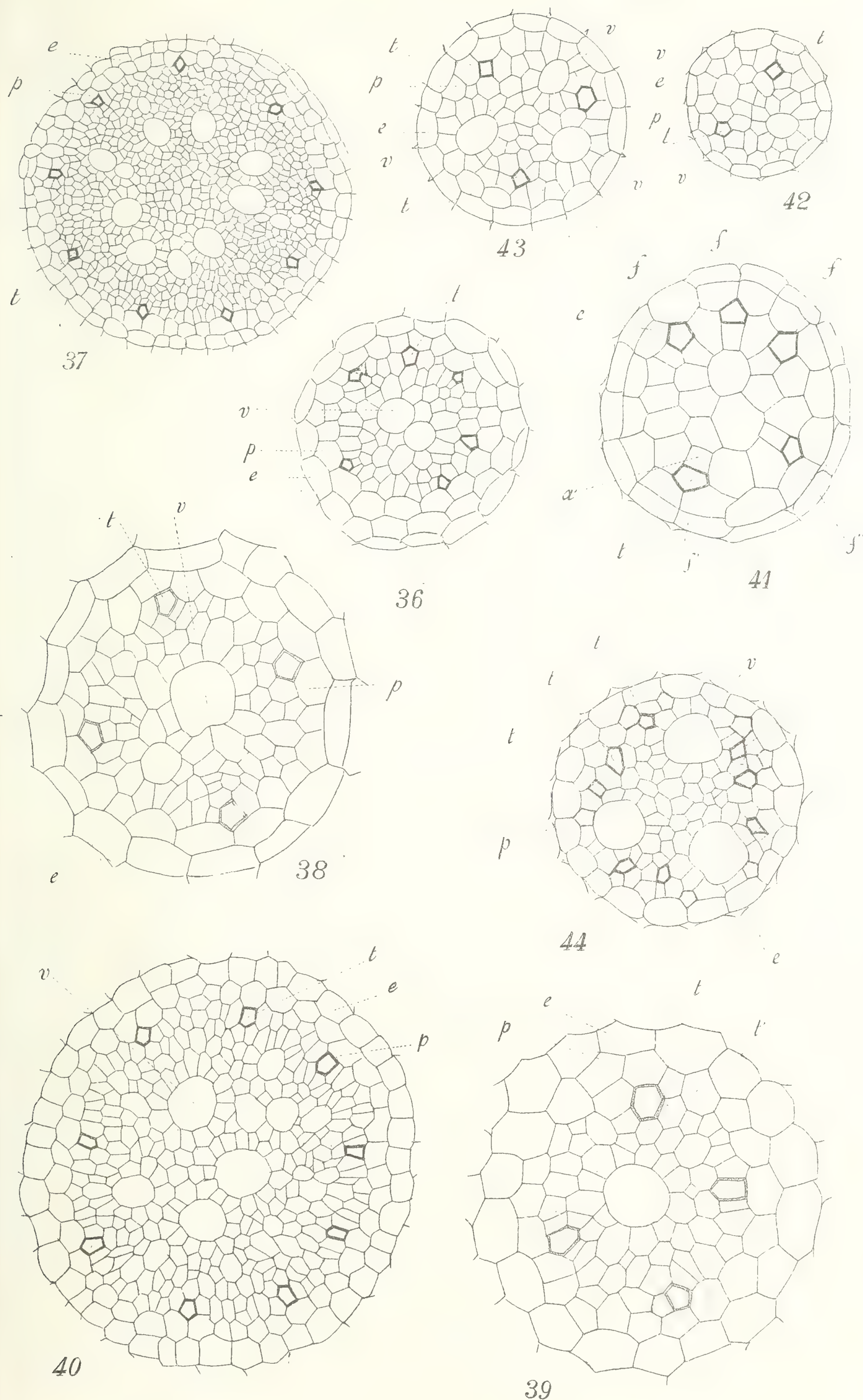


G. Chauveaud phot. Masson et Cie, Editeurs. Besnard sc.
Impies Lemercier, Paris.



G. Chauveaud phot. Masson et Cie. Editeurs. Besnard sc.

Impies Lemercier, Paris.



G. Chauveaud phot. Masson et Cie, Editeurs. Besnard sc.

Impies Lemercier, Paris.

MASSON ET C[ie], ÉDITEURS

Libraires de l'Académie de Médecine

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120, A PARIS

Vient de paraître :

ÉLÉMENTS DE BOTANIQUE

Par PH. Van TIEGHEM

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

2 *volumes in*-16 *comprenant ensemble* 1170 *pages et* 580 *figures intercalées dans le texte, cartonnés toile* .... **12 fr.**

L'auteur a fait naturellement tous ses efforts pour mettre cette nouvelle édition au courant de tous les progrès accomplis en Botanique depuis l'année 1893, date de l'achèvement de la deuxième édition. Ces progrès ont intéressé d'une part la Morphologie et la Physiologie des plantes, c'est-à-dire la Botanique générale, traitée dans le premier volume, de l'autre l'Histoire des familles végétales, c'est-à-dire la Botanique spéciale, qui fait l'objet du second volume. De là, dans le premier volume, toute une série de modifications et d'additions, portant notamment sur la structure de la racine, de la tige et de la feuille, sur la formation de l'œuf, etc., qui l'ont augmenté d'environ cinquante pages avec les figures correspondantes. De là, surtout dans le second volume un remaniement complet de la classification des Phanérogames où une place a dû être faite au groupe nouveau des Inséminées avec ses cinq ordres et ses trente-neuf familles, remaniement qui a nécessité une addition de cent pages, avec les figures correspondantes. C'est, en somme, une augmentation de cent cinquante pages qui, jointe à de nombreuses corrections et modifications de détail, fait de cette édition un ouvrage véritablement nouveau.

Vient de paraître :

PRÉCIS

DE

BOTANIQUE MÉDICALE

Par L. TRABUT

PROFESSEUR D'HISTOIRE NATURELLE MÉDICALE A L'ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

DEUXIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFONDUE

1 *vol. in* 8° *de* 740 *pages avec* 954 *figures dans le texte* .... **8 fr.**

L'étude des végétaux, faite en vue d'en retirer les données applicables à la médecine, constitue la botanique médicale, science bien ancienne, née avec la médecine des temps primitifs et qui est depuis longtemps et reste la principale source où puise la thérapeutique : d'un autre côté, par la bactériologie, elle devient la base de la pathogénie.

Dans ce petit volume, l'auteur s'est efforcé de condenser les notions de botanique médicale indispensables au médecin comme au pharmacien. Éliminant toutes les obscurités et les longueurs, il a cherché à accumuler dans ces quelques pages des renseignements précis et pratiques. Il est bien difficile de séparer la botanique médicale de la matière médicale ; aussi l'auteur n'a-t-il pas hésité à citer les principales drogues d'un usage courant, après avoir donné les caractères des plantes qui les fournissent. Un grand nombre de figures (954) accompagnent et facilitent les descriptions en permettant d'analyser les caractères des plantes et de vérifier les détails de leur organisation.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

This is really the rear page from Tome V, pts. 5+6: 1897 [1898].
1968.

2401-98 — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

